



Title	脳卒中治療の費用対効果とアクセシビリティに関する研究
Author(s)	森井, 康博
Citation	北海道大学. 博士(保健科学) 甲第13985号
Issue Date	2020-03-25
DOI	10.14943/doctoral.k13985
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/77812
Type	theses (doctoral)
File Information	Yasuhiro_Morii.pdf



[Instructions for use](#)

学位論文

脳卒中治療の費用対効果とアクセシビリティに関する研究

森 井 康 博

北海道大学大学院保健科学院

保健科学専攻保健科学コース

2019年度

目次

要旨.....	6
第一章 序論.....	9
1-1 背景.....	9
1-1-1 日本の医療財政の現状.....	9
1-1-2 医療における費用対効果分析の必要性和これまでの経緯.....	10
1-1-3 医療における費用対効果分析の方法論.....	12
1-1-4 医療におけるアクセシビリティについて.....	15
1-1-5 地理情報システム（GIS）の理論とその応用.....	16
1-1-6 脳卒中の疫学と社会的影響.....	18
1-2 本論文の目的.....	19
1-3 本論文の構成.....	19
参考文献.....	20
第二章 地理情報システムを用いた北海道における脳梗塞患者治療のための医師出張システム導入が患者アクセシビリティに及ぼす影響のシミュレーション	23
2-1 背景.....	23
2-1-1 脳梗塞とその社会的影響.....	23
2-1-2 アルテプラーゼ静注療法と経皮的血栓回収療法について.....	25
2-1-3 北海道の地理的特徴および医療資源の偏在について.....	26
2-1-4 医師出張システムについて.....	28
2-1-5 本研究の目的.....	30

2-2 方法.....	30
2-2-1 対象とアウトカム.....	30
2-2-2 患者数の推計および地理情報システム上への発生.....	31
2-2-3 治療施設の特定.....	32
2-2-4 搬送時間の解析.....	35
2-3 結果.....	36
2-4 考察.....	41
2-5 結論.....	43
参考文献.....	44

第三章 地理情報システムを用いた北海道における脳梗塞患者治療のための医師出張システム導入の費用対効果のシミュレーション.....47

3-1 背景.....	47
3-1-1 医師出張システムと患者の治療へのアクセシビリティ.....	47
3-1-2 医師出張システムの費用対効果検討の重要性.....	47
3-1-3 本研究の目的.....	48
3-2 方法.....	48
3-2-1 対象とアウトカム.....	48
3-2-2 仮想患者の発生と搬送時間の分析.....	50
3-2-3 患者重症度の推計.....	50
3-2-4 出張回数や出張パターンに関する分析.....	52
3-2-5 1人当たり QALY およびコストの推計.....	54
3-2-6 費用対効果の算出および統計的検定.....	56

3-3 結果.....	57
3-3-1 治療効果に関する結果.....	57
3-3-2 患者搬送時間に関する結果.....	58
3-3-3 患者発生数および出張回数に関する結果.....	60
3-3-4 コストに関する結果.....	65
3-3-5 QALY に関する結果.....	66
3-3-6 医師出張システム導入の費用対効果に関する結果.....	67
3-4 考察.....	69
3-5 結論.....	73
参考文献.....	74

第四章 急性期脳卒中患者に対する週7日リハビリテーション提供の費用対効果のシミュレーション.....76

4-1 背景.....	76
4-1-1 急性期脳梗塞患者に対するリハビリテーションについて.....	76
4-1-2 急性期脳卒中患者に対するリハビリテーション実施頻度と治療効果.....	76
4-1-3 費用対効果分析のためのモデリング手法.....	77
4-1-4 本研究の目的.....	79
4-2 方法.....	79
4-2-1 対象とアウトカム.....	79
4-2-2 マルコフモデルを用いた患者重症度の推計.....	81
4-2-3 医療費及び介護費、及び治療効果の推計.....	83
4-3 結果.....	85

4-3-1 医療費及び介護費の推計結果.....	86
4-3-2 治療効果の推計結果.....	86
4-3-3 費用対効果の推計結果.....	87
4-4 考察.....	88
4-5 結論.....	91
参考文献.....	92
第五章 総括.....	95
研究業績一覧.....	96
謝辞.....	100

要旨

近年、医療技術の進歩や人口の高齢化から国民医療費は増加の一途をたどっており、国の財政を圧迫している。医療提供体制の構築に当たっては、限られた予算制約の中で治療効果やアクセシビリティを最大化する費用対効果の視点が今後ますます重要になっていくと考えられる。脳卒中は日本における4大死因の一つであり、脳卒中が国民医療費に占める割合は大きい。脳卒中は後遺障害をもたらすことから要介護度4および要介護度5に占める割合が最も大きな疾患であり、介護費や患者のQOLに及ぼす影響も大きい。したがって、費用対効果の高い脳卒中の治療提供体制について検討する事の社会的意義は大きいと考えられる。

そこで、脳卒中治療提供体制の均てん化等をねらい、2018年12月には「脳卒中・循環器病対策基本法」が成立した。脳卒中・循環器病対策基本法では予防、診断、治療、リハビリテーションなどの医療サービスの向上が基本理念として掲げられており、これらの分野において均てん化された脳卒中医療提供体制を充実させることの重要性が政策上レベルでも喫緊の課題となっており、その社会的意義は大きいと考えられる。

以上の背景から、本論文の主目的は費用対効果と地理的アクセシビリティに優れた急性期脳卒中医療の提供体制の構築支援を全体の目的とする。

第一章では序論として、日本の医療財政の現状に触れたうえで医療分野における費用対効果分析の必要性について述べた。次に、費用対効果をめぐる歴史や日本における議論、一般的な費用対効果分析の方法論について解説した。費用対効果に関する序論の後には医療分野におけるアクセシビリティ必要性やアクセシビリティに関する分析の方法論について紹介したうえで本研究の対象疾患である脳卒中の疫学について述べ、脳卒中分野における費用対効果や地理的アクセシビリティ検討の必要性を解説するなど、本研究における課題を明らかにした。

本研究の第二章では、北海道における急性期脳卒中患者の血管内治療への治療アクセシビリティ改善のための手段の提案を目的に、地理情報システム（Geographic Information System; GIS）を用い、医師出張システムの導入が急性期脳卒中患者の治療アクセシビリティに及ぼす影響のシミュレーション分析を行った。血管内治療専門医による治療が義務付けられている経皮的脳血栓回収療法（以下、血管内治療）治療はエビデンスレベルが高く

優先的に実施されるべき治療であるものの、人的資源等の制約から治療実績やアクセシビリティの地域差が生じている可能性が考えられる。そこで、医師出張システムにおいては血管内治療の専門医が患者により近い治療設備を備えた病院に出張することでより早い治療開始を実現し血管内治療を行うことで治療効果を向上させるための取り組みである。本結果より、北海道の各二次医療圏における血管内治療へのアクセシビリティの現状が明らかとなった。さらに、専門医が勤務地からの60分圏内からの出張を行うことにより、主に上川北部、宗谷、留萌、北網、根室、北渡島檜山、後志医療圏で患者搬送時間が短縮されるため、これらの医療圏での急性期脳梗塞患者の治療へのアクセシビリティ改善に寄与することが示された。

第三章においては第二章のアクセシビリティの分析を基に、医師出張システムの政策的導入を想定し、本章ではGISをプログラミング言語のPythonで動作させることにより北海道内の各二次医療圏における医師出張システム導入の費用対効果のシミュレーション分析をした。GISの分析や二次データ等を用い、医師出張システム導入のために専任の専門医の追加配置を行うと仮定し、各二次医療圏に専門医を追加配置し医師出張を行うことの費用対効果の分析を行った。その結果、上川中部医療圏から上川北部医療圏に出張し、宗谷、留萌、上川北部、遠紋医療圏の患者を治療することの優れた費用対効果が示された。したがって、医師出張システムを実装するにあたっては、費用対効果の観点から上川中部医療圏での実施を優先的に考えることが望ましいことが示された。第二章と第三章では医師出張システムが血管内治療へのアクセシビリティ改善効果と費用対効果を明らかにした。医師出張システムは既存の医療資源を用いて実装可能性の高い医療提供体制であり、面積が広い特徴を持つ北海道で脳卒中治療の提供体制を検討していくうえで重要なデータになるものと考えられる。

第四章においては急性期脳卒中患者に対するリハビリテーションに焦点を当て、マルコフモデルによるシミュレーションにより、週7日の急性期脳血管疾患リハビリテーションを導入することの費用対効果の分析を行った。その結果、週5,6日のリハビリテーション介入と比較した週7日リハビリテーションの優れた費用対効果が示された。

第五章においては第一章から第五章の内容の総括を行った。

以上をまとめると、本研究では費用対効果と地理的アクセシビリティに優れた急性期脳卒中医療の提供体制の構築支援を目的として、脳梗塞患者に対する血管内治療を行う医師

出張システムが血管内治療へのアクセシビリティに及ぼす影響や医師出張システムの費用対効果のシミュレーション、および脳卒中患者に対する週7回リハビリテーションの費用対効果の分析を行った。本研究の結果は、医療の費用対効果や均てん化された脳卒中医療提供体制を充実させることの重要性が政策上レベルでも喫緊の課題となっている中で、脳卒中治療提供体制を検討していくうえで重要なものであると考えられる。

第一章：序論

1-1-1 日本の医療財政の現状

日本は世界一の高齢化国であり[1]、今後も少子高齢化が進むと予想される。また、人口の高齢化や平均寿命の延伸に加えて再生医療や高額治療薬などの医療技術の進歩の影響を受けて、国民医療費は増加の一途をたどっている[2]。日本における国民医療費の推移を図 1-1 に示す。2017 年時点での国民医療費は 42.2 兆円、介護費は約 10 兆円であり[3]、近年では年に約 1 兆円のペースで国民医療費が増加している[2]（図 1-2）。国立社会保障・人口問題研究所「平成 29 年度社会保障費用統計」[4]によると、社会保障給付費（年金・医療・福祉その他を合わせた額）全体は国内総生産に占める割合は約 30%、医療が占める割合は約 10%であり増加傾向にある。医療費が国家予算に占める割合は年々高くなっており、今後も介護費を含めて増加することから、医療制度の持続可能性についての懸念が存在する。今後も人口動態が変化すると予測されている中で[5]、限られた資源の中で効率的な医療提供体制の構築が必要であると考えられる。

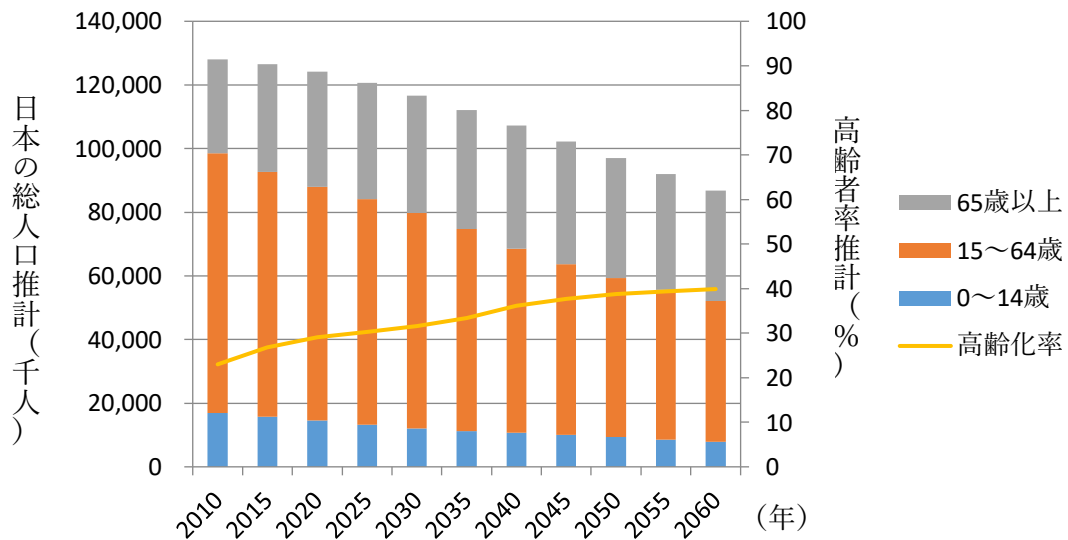


図 1-1：日本における年代別人口構成と高齢化率の推移〔5〕

（左軸：日本の総人口推計、右軸：高齢化率推計）

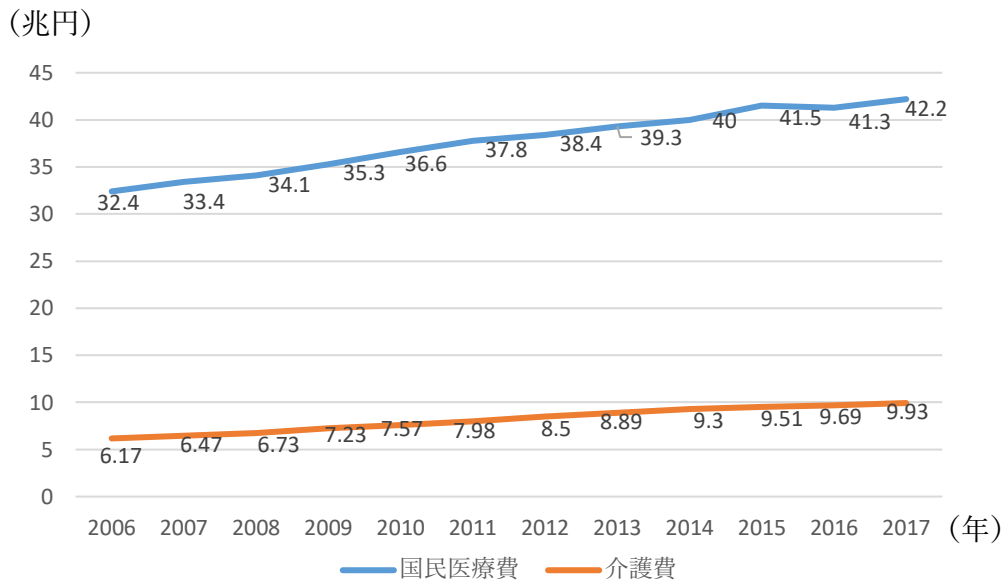


図 1-2：日本における国民医療費および介護費の推移 [4]

1-1-2 医療における費用対効果分析の必要性とこれまでの経緯

医療費が増加の一途をたどっており、今後も増加が見込まれる中で、政策的には限られた予算制約の中で医療提供体制を構築していく必要がある。近年、特に診療報酬や薬価ではマイナス改定が行われることがあるが、これは予算制約の背景を踏まえたものであると考えられる。そこで、近年では後述のように医療品等の保険収載の為の医療技術の費用対効果に関する議論が盛んに行われている。高額の治療を含めすべてのサービスを保険収載、あるいは実装し国民に提供することが望ましいと考えられるが、予算や資源の制約上現実的ではない。医療技術の費用対効果分析では、新技術により得られる効果がコストの増加分に見合ったものであり、増分のコストを払う価値があるかという視点での分析を行う。

世界的な医療技術評価導入の経緯を表 1-1 に示した。医療技術評価（以下 HTA、Health Technology Assessment）の発端は 1990 年代にカナダとオーストラリアで、医薬品の保険収載にあたって経済的な分析を義務化した事である[6]。その後、英国、ドイツ、フランスをはじめとする欧州諸国へと HTA の導入は進んだ。英国の公的組織である英国国立医療技術評価機構（以下、NICE：National Institute for Health and Care Excellence）は特に、現在でも HTA のイノベーションに大きな影響を与えている。アメリカのように、政策全体としては HTA の導入を

推奨しない国も存在するが、HTA の導入の考え方はより一般的になりつつある。アジアにおいては、欧州諸国に少し遅れて 2000 年代後半に韓国、台湾、タイが HTA を政策導入している。

日本においては、2012 年に費用対効果評価の政策レベルでの導入に関する討議が中医協ではじめられた。それ以降、医療技術の費用対効果評価に関わる医療保険制度の課題の抽出、医療技術評価の活用方法、海外事例の検討、具体的を用いた医療技術評価の検討などの議論が厚生労働省のワーキンググループにおいて日々進められている。2016 年 1 月には「中央社会保険医療協議会における費用対効果評価の分析ガイドライン」（以下、費用対効果分析ガイドライン）が目指す費用対効果分析のスタンダードとして公表された[7]。同年からは、財政影響や革新性、有用性が大きい医薬品や医療機器等を対象に費用対効果評価が試行的に導入されている[8]。日本においても費用対効果評価の重要性が高まっており、今後ますます多くの分野に広がっていくと考えられる。

表 1-1：世界的な医療技術評価導入の流れ（[6]を参考に加筆）

年代	国	事柄
1990 年代前半	カナダ・オーストラリア	医薬品の保険証間における経済評価の必須化
1999	英国	National Institute for Health and Care Excellence の設立
2004	ドイツ・フランス	医療経済評価（HTA：Health Technology Assessment）を行う組織の設立
2006	タイ	HTA 組織（HITAP）の設立
2007	台湾	HTA 部/NIHTA の設立
2008-2009	韓国	HTA 組織（HIRA/NECA）の設立
2012	日本	費用対効果評価の政策レベルでの導入に関する討議が中医協で開始
2016	日本	「中央社会保険医療協議会における費用対効果評価の分析ガイドライン」を公表

1-1-3 医療における費用対効果分析の方法論

費用対効果分析の手法は費用最小化分析、費用便益分析、費用効果分析、費用効用分析が存在する。それぞれの分析手法の要点を表 1-2 に示す。費用最小化分析は、比較する医療技術間に効果の差が無いと仮定したうえで費用を比較する方法、費用効果分析は生存年数の延長などの臨床的なアウトカムを効果の指標とする指標、費用便益分析は治療により得られる治療効果を金額換算する方法であるが、最も一般的に行われるのは費用効用分析である[9]。

表 1-2：費用対効果分析の種類とその概要

分析の種類	概要
費用最小化分析	2群の治療効果が同等と仮定した上で、費用を比較
費用効果分析	費用対効果の効果の指標に臨床アウトカムを使用
費用便益分析	治療効果を金額換算する手法
費用効用分析	費用対効果の効果の指標に質調整生存年を用いる

費用効用分析では、コストに対して得られるアウトカムを Quality of life（以下、QOL）と生存年数を考慮した質調整生存年（以下、QALYs: Quality-adjusted life years）として評価を行う。QALY's の概念を図 1-3 および式 1 に示す。QALY's は 0~1 の間を取る QOL 効用値に生存年数を掛け合わせることで算出され、QALYs は図 1-3 に示した概念図のように、横軸に生存期間、縦軸に QOL 効用値を取った際の健康状態 H における生存期間 Y_H の期間で変化する効用値 Q_H の積分値として表される。この際、0 は死亡を表し、1 は完全な健康状態である。簡単な例でいえば、0.5 の効用値を持つ健康状態で 3 年間生存した場合の QALYs は $0.5 \times 3 = 1.5 \text{QALYs}$ である。

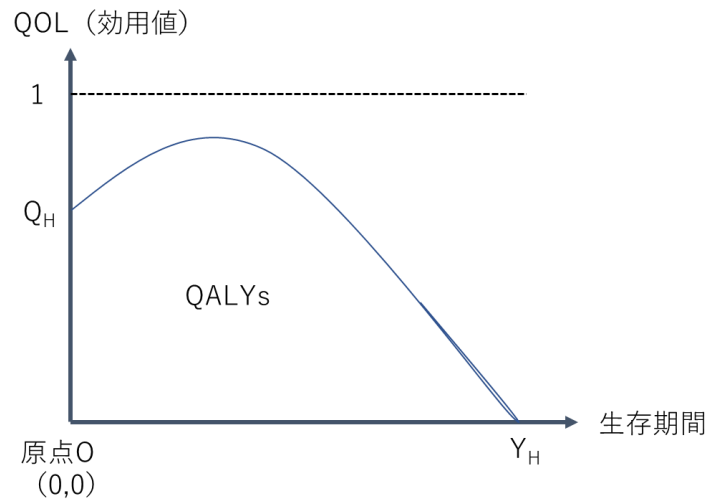


図 1-3: QALY の概念図 ([6]を参考に作成)

$$QALYs = \sum_H Q_H \times Y_H \quad (\text{式 1})$$

Q: 健康または障害状態 H での効用値

Y: 生存年数

H: 健康または障害の状態

次に、費用対効果の評価指標について述べる。費用対効果の評価には増分費用対効果（以下、ICER: Incremental cost-effectiveness ratio）が一般的に用いられる。ICER は費用対効果分析においては新技術による旧技術からの増分コストを、増分 QALYs の差で除することで算出される（式 2）、つまり、ICER は得られる QALYs 等の治療アウトカムが費用増加に見合うものかを評価するものであり、1QALY の治療効果を得るのに必要な費用を意味する。

$$ICER = \frac{\text{新治療の費用} - \text{旧治療の費用}}{\text{新治療での獲得QALY} - \text{旧治療での獲得QALY}} \quad (\text{式 2})$$

図 1-4 には ICER の概念図を示す。原点を既存治療として、座標の横軸に新旧技術・治療間の獲得 QALYs の差、縦軸に費用の差を設定するとき、ICER は原点 O と新技術・治療を表す点 A、B を結んだ直線の傾きを意味する[10]。ICER は値が小さいほど費用対効果が良好であると解

積ができる。図2中の新治療AのICERは700万÷1で700万円/QALYで、新治療BのICERは1000万÷3で333.3万円/QALYとなる。

ICERはオーストラリアやカナダなど欧米各国において新薬等の保険収載や価格決定の指標として導入されてきた[6]。ICERを用いた評価基準としては、英国NICEの2-3万£/QALYやカナダでは2万カナダドル/QALYの閾値など様々存在する。日本においてはこれまでに、費用対効果評価の試行的導入にかかる評価基準の設定に関わる議論が行われてきており[11]、国内を対象とした学術研究[12,13]や海外の事例[14]を参考にして2017年に費用対効果分析におけるICERの評価の参考値として500万円/QALYが提唱されている[11]。この基準に即して考えると、図1-4中の新治療Bは費用対効果に優れるが、新治療Aは基準値よりも費用対効果が低く、価格引き下げ等の対象になりうる。

以上、費用対効果の理論について述べたが、治療の保険収載においては疾患の希少性や公衆衛生に及ぼす影響などを総合的に勘案する必要があることを付け加えたい[10]。

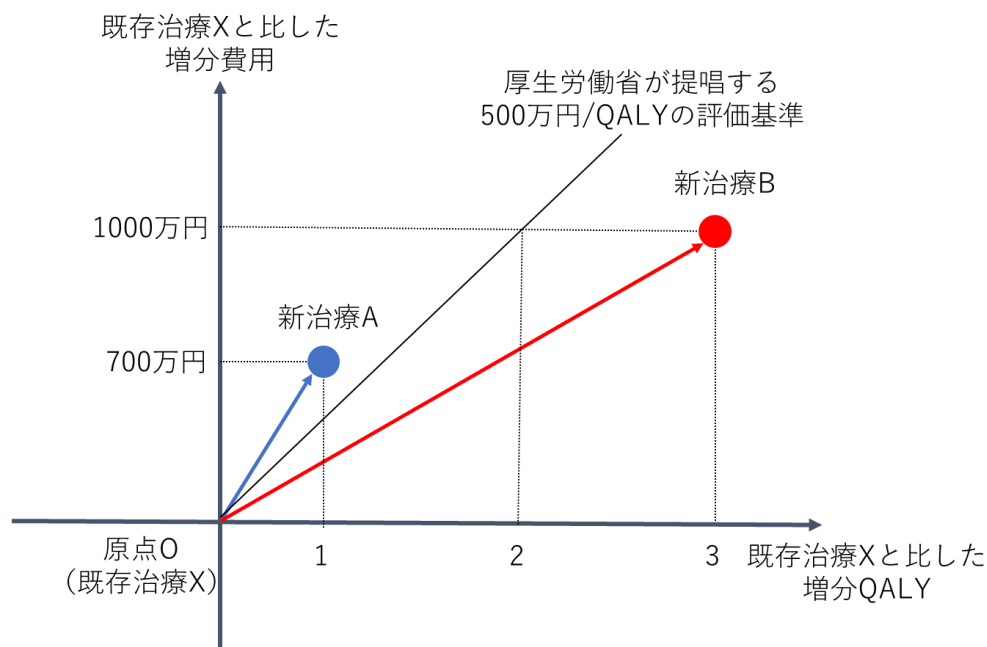


図1-4：ICERの概念図（[10]より引用）

1-1-4 医療におけるアクセシビリティについて

医療は生活におけるもっとも基本的なサービスの一つであり、国民には一定程度の医療へのアクセシビリティが確保されていることが望まれる。国民への医療提供体制を検討するため、各都道府県は医療計画を策定し、地域の実情に合わせて疾患別に計画を立てることとなっている。本研究の第二章「地理情報システムを用いた北海道における脳梗塞患者治療のための医師出張システム導入が患者アクセシビリティに及ぼす影響のシミュレーション」および第三章「地理情報システムを用いた北海道における脳梗塞患者治療のための医師出張システム導入の費用対効果のシミュレーション」の対象地域である北海道の医療計画においては医療資源の地域間の偏在が課題として明記されている[15]。日本では皆保険が制度上定められており政策主導で保険制度が定められていると考えられるが、病院数という点では民間病院が7割近くを占める[16]。不採算分野や地方部の医療に関しては公的病院や医療政策が担う役割は大きく、地域の実情に合わせた医療計画立案が重要であると考えられる。

医療資源の偏在やアクセシビリティについての研究は様々存在する。Matsumotoらは2005年時点での日本と英国の診療所医師の地理的分布についてジニ係数を用いて比較し、日本の診療所医師は英国の診療所医師よりも偏在していると報告している[17]。Taniharaらは日本の地方における医師の相対的な不足は医療政策の重要な問題であるとし、349の二次医療圏における医師数と人口あたりの医師数について1998年時点と2008年時点を比較している[18]。この研究では、10万人あたり医師数は増加しているが、二次医療圏間の格差は改善されていなかったことを示しており、日本における医師の偏在を指摘している。Fujiwaraらは北海道における脳卒中治療関連の資源の地域偏在を報告した[19]。

次に医療計画を策定するにあたり考慮される医療の提供地域単位について述べる。地域単位には一次医療圏、二次医療圏、三次医療圏に分けられる。一次医療圏は日常的な医療を提供する単位で市町村単位、二次医療圏は一般の入院医療を提供する単位で複数の市町村からなる単位、三次医療圏は高度な医療を提供する単位で基本的には都道府県を対象とする。本研究の対象である脳卒中の医療連携体制の構築に当たっては、第二次医療圏を医療提供体制の確保に向けた基礎的な単位としているが、各圏域の実態に即した対応が出来るよう必要に応じて第二次医療圏を越えた広域的な連携を考慮することとなっている[15]。

救急医療はへき地医療と並び、特に地域で必要な医療の分野として政策医療である[15]。脳卒中や心筋梗塞患者などの救急患者に対する専門的治療が速やかに提供できる医療提供体制の充実が政策的課題であるとされている。したがって、地理的アクセシビリティを含む迅速な治

療提供体制の構築について検討する必要があると考えられる。北海道においては、「自治体病院を始め医療機関の経営は厳しい状況にあること、全ての圏域において既に基準病床数を超過していることなどから、新たに医療機関を設置して医療提供体制の整備を図ることは困難となっており、現在ある医療資源を有効に活用していくことが必要」とされており[15]、地域の実状に応じて限られた医療資源を用いて地域住民の医療サービスへのアクセシビリティを効率良く確保することが極めて重要である。

1-1-5 地理情報システムの理論（GIS）とその医療分野への応用

前節では、医療へのアクセシビリティについて検討することの重要性について述べた。地理的なアクセシビリティについてのシミュレーション・分析を可能にするツールには地理情報システム（以下、GIS：Geographic Information System が挙げられる。GIS は地理的情報を有するデータを加工、表示、分析することができるツールである[20]。具体的には建物や道路などの地物や、人口分布や医療資源量などの現実世界に存在するものを、主題ごとに分類しレイヤーとして管理・表現する。地理空間情報を持ったレイヤーを組合せ分析することで、新しい価値のある情報を生み出すことができる（図 1-5）。図 1-6 にはレイヤーを実際に表示した例を示した。図 1-6 では GIS のマップ上に道路情報のレイヤー、病院等をはじめとした施設の種類や位置を表すレイヤーが重ねられている。このようにレイヤーの情報と分析ツールを合わせることで、様々な分析が可能である。GIS は、自治体や研究機関における災害対策のハザードマップの作製[21]や感染症関連の空間的疫学解析[22]など様々な分野で用いられている。医療においても様々な研究に GIS が用いられている。

次に、GIS を医療分野に応用した事例をいくつか紹介する。敦澤らは、GIS を用いてドクターヘリの最適配置に関するシミュレーションを行った[23]。Yasuoka らは GIS を用いて、カンボジアの発展途上地域において物理的通院距離が新生児ケアの医療アクセスの阻害要因になっていることを示した[24]。Vahidnia らは GIS をイランのテヘランにおける医療施設最適配置のツールとして使用している[25]。Vora らは、インドでは貧しい地域や治療施設のない地域においては母子の周産期死亡率が高い背景から、GIS を用いてインドにおける帝王切開を行う施設の追加する際の最適配置を行った[26]。その結果、50-84%の人口は帝王切開へのアクセスを確保できており、4-6 施設の追加配置を行うことにより 80-96%へとアクセス人口割合が増加することが示された。追加配置を検討した上記の Vahidnia らの報告や Vora らの報告とは対照的に、Gomez らはシドニー周辺の外傷治療拠点への救急アクセシビリティについて検討し、数か所の

トラウマセンターがないと仮定した場合においても周辺人口の地理的アクセシビリティに影響を及ぼさないことを示した[27]。これらのように、GISは医療分野にも広く応用されており、医療資源の配置や地理的アクセシビリティの検討のために非常に有効な手法であると考えられる。

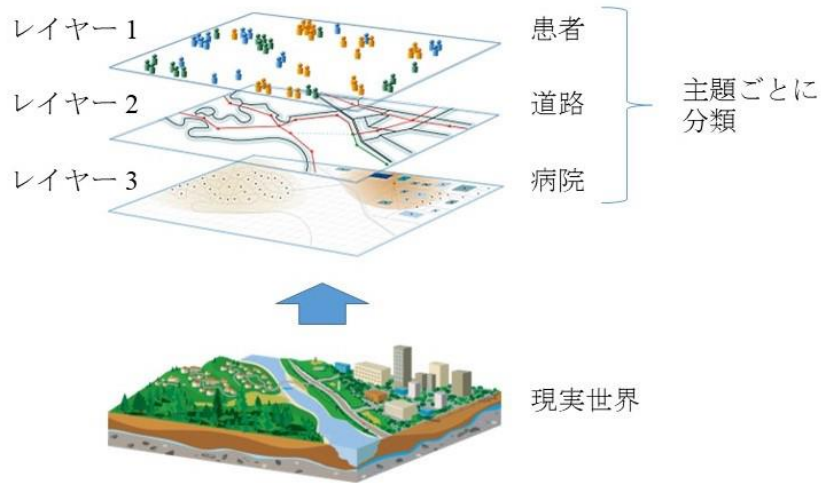


図 1-5：地理情報システムにおけるレイヤーの概念（参考文献[19]より引用）

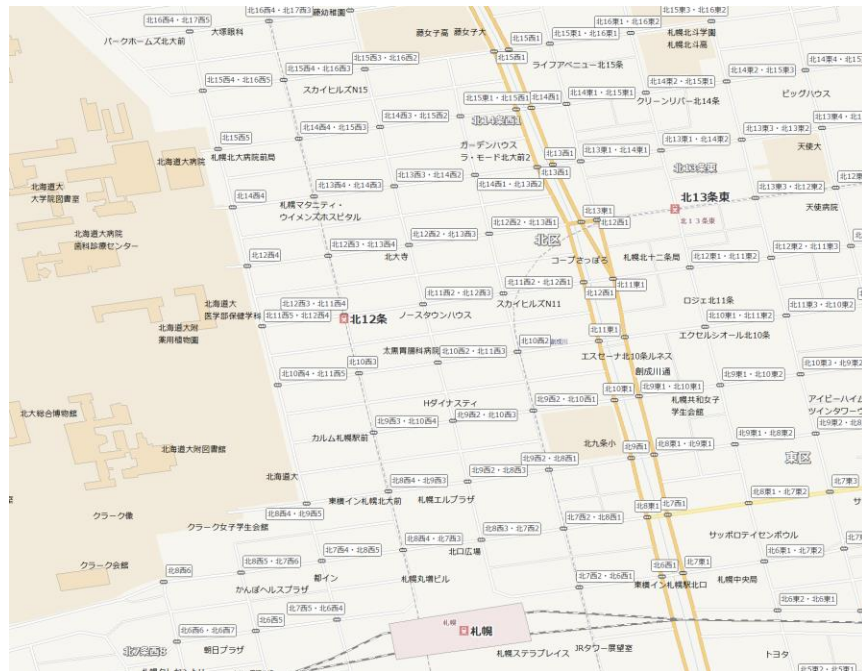


図 1-6：GISを用いたレイヤー表示の例

1-1-6 脳卒中の疫学や社会的影響

脳卒中は日本において四大疾病の1つであり、国民医療費の約6%と大きな部分を占める[2]。厚生労働省平成29年の人口動態統計によると、脳卒中は死亡率で見ると減少傾向にはあるものの、死亡原因の第3位であるとされている[28]。加えて、厚生労働省平成28年国民生活基礎調査によると、脳卒中は介護が必要になった原因の16.6%と最も大きな割合を占める[29]（図1-7）。脳卒中患者は重症度の高い後遺症に生涯にわたって苦しむことが多く、介護度別では要介護4,5などの最も重症度の高いグレードでは特に大きな割合を占めており、脳卒中患者への治療アウトカムの改善は本質的に重要である。

以上の背景より、脳卒中は医療提供体制について考える上で、最も優先順位の高い疾患の1つであると考えられる。2018年12月には脳卒中治療の均てん化を図る目的から脳卒中・循環器病対策基本法が成立し[30]、脳卒中医療提供体制を充実させるの重要性が政策上レベルでも喫緊の課題となっており、その社会的影響は大きいと考えられる。平成28年度版国民医療費の概況によると、平成28年度の傷病分類別医科診療医療費のうち、脳卒中は1兆8,000億円程度（約5.8%）を占めており[2]、脳卒中の社会的影響は大きいと考えられる。

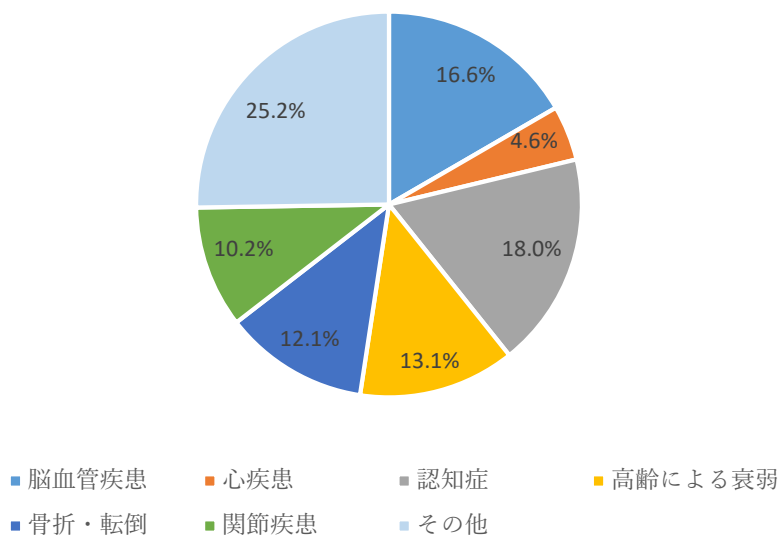


図 1-7：日本における介護が必要となった主な原因の構成割合（[27]を基に作成）

前述の脳卒中・循環器病対策基本法では予防、診断、治療、リハビリテーションなどの医療サービスの向上が基本理念として掲げられているほか（第二条）、第十四条においては” 国及び地方公共団体は、循環器病患者がその居住する地域にかかわらず等しく その状態に応じた良質かつ適切な医療を受けることができるよう、専門的な循環器病に係る医療の提供等を行う医療機関の整備を図るために必要な施策を講ずるものとする。”とされており[28]、脳卒中患者の治療へのアクセシビリティの地域格差に関する問題意識が共有されている。以上の背景から、治療効果、経済的効率性、そして地理的アクセシビリティの観点から、日本における脳卒中医療の提供体制について検討していく必要があると考えられる。

1-4 本論文の目的

本論文では、費用対効果と地理的アクセシビリティの観点での急性期脳卒中医療の提供体制の構築支援を全体の目的とする。

1-5 本論文の構成

本研究の第二章においては、北海道における急性期脳卒中患者の治療アクセシビリティ改善のための手段の提案を目的に、地理情報システムを用いて、後述の医師出張システムの導入が急性期脳卒中患者の治療アクセシビリティに及ぼす影響のシミュレーション分析を行う。

第三章においては、第二章のアクセシビリティの分析を基に、医師出張システムの政策的導入を想定し、北海道内の各二次医療圏における医師出張システム導入の費用対効果のシミュレーション分析を行う。

第四章においては急性期脳卒中患者に対するリハビリテーションに焦点を当て、マルコフモデルによるシミュレーションにより、週7回の急性期脳血管疾患リハビリテーションを導入することの費用対効果の分析を行う。

第五章においては第一章から第五章の内容の総括を行う。

参考文献

1. The World Bank. Indicators, Population aged 65 and above. 2015.
2. 厚生労働省. 平成 29 年度 医療費の動向 調査. (URL: <https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0003276720>) (Accessed on November 18, 2019)
3. 厚生労働省 平成 29 年度 介護給付費等実態調査の概況 (URL : <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kaigo/kyufu/17/index.html>) (Accessed on November 18, 2019)
4. 国立社会保障・人口問題研究所 平成 29 年度社会保障費用統計 社会保障給付費の部門別推移 (対国民所得比) (1951~2017 年度) (URL: http://www.ipss.go.jp/ss-cost/j/fsss-h29/fsss_h29.asp) (accessed on November 18, 2019)
5. 国立社会保障・人口問題研究所. 日本の地域別将来推計人口 (平成 30 (2018) 年推計) . (URL: <http://www.ipss.go.jp/pp-shicyoson/j/shicyoson18/t-page.asp>) (Accessed on December 6, 2019)
6. 鎌江伊三夫. “医療技術評価ワークブック 臨床・政策・ビジネスへの応用” じほう 2016.
7. 福田敬他. “中央社会保険医療協議会における費用対効果評価の分析ガイドライン” 2015
8. 中央社会保険医療協議会費用対効果評価専門部会 (第 32 回) 議事次第 費用対効果評価の試行的導入について. 2015 (URL: <https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi2/0000107118.html>) (Accessed on November 18, 2019)
9. 一般社団法人 医薬品医療機器 レギュラトリーサイエンス財団 “基礎から学ぶ医療経済評価” じほう 2014
10. 森井康博, 小笠原克彦. [総論] 医療経済性：費用効用分析と QOL. ALmedia 2019; 23(4): 1-4.
11. 中央社会保険医療協議会費用対効果評価専門部会 (第 47 回) 議事次第 試行的導入にかかわる評価基準の設定方法等について 2017. (URL: <https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi2/0000177046.html>) (Accessed on November 18, 2019)
12. Takeru Shiroiwa, Ataru Igarashi, Takashi Fukuda, and Shunya Ikeda. WTP for a QALY and health states: More money for severer health states? Cost Eff Resour Alloc. 2013; 11(22):

13. 大日 康史,菅原 民枝. 1 QALY 獲得に対する最大支払い意思額に関する研究. 医療と社会 2006; 16(2):157-165.
14. Takeru Shiroywa, Yoon Kyoung Sung, Takashi Fukuda, Hui Chu Lang, Sang Cheol Bae, Kiichiro Tsutani. International survey on willingness-to-pay (WTP) for one additional QALY gained: what is the threshold of cost effectiveness. Health Economics 2009; 19(4): 422-437.
15. 北海道. 北海道医療計画〔改訂版〕. 2018
16. 厚生労働省. 医療施設（静態・動態）調査. 2014
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/NewList.do?tid=000001030908> (Accessed 10 Dec. 2017)
17. Matsumoto M, Inoue K, Farmer J, et al. Geographic distribution of primary care physicians in Japan and Britain. Health &Place 2010; 16: 164–166.
18. Tanihara S, Kobayashi Y, Une H, et al. Urbanization and physician maldistribution: a longitudinal study in Japan. BMC Health Services Research 2011; 11: 260.
19. Fujiwara Kensuke, Osanai Toshiya, Kobayashi Eiichi et al. Accessibility to Tertiary Stroke Centers in Hokkaido, Japan: Use of Novel Metrics to Assess Acute Stroke Care Quality. Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases 2018; 27:177-184.
20. 国土交通省国土地理院.”GIS とは”. <http://www.gsi.go.jp/GIS/whatisgis.html>(Accessed 10 Dec. 2017)
21. ESRI ジャパン. GIS 基礎開設 ハザードマップ（URL: <https://www.esri.com/gis-guide/maps/hazard-map/>）（Accessed on November 18, 2019）
22. 鈴木宏、佐々木諭、坂井貴胤、齋藤玲子、木村義成、熊木彬彦ら. 40 回日本小児感染症学会教育講演 4 GIS（地理情報システム）を用いた感染症の空間的疫学解析. 小児感染免疫 20(4); 497-502.
23. 敦澤貴啓, 寺下清美. 救急搬送時間の短縮効果による北海道における最適ドクターヘリ配備数の検討の試み：地理情報システムを用いた救急搬送シミュレーション. 日本航空医療学会雑誌 2014; 15(1): 7-13
24. Junko Yasuoka , Keiko Nanishi, Kimiyo Kikuchi, Sumihiro Suzuki, Po Ly, Boukheng Thavrin, Tsutomu Omatsu et al. Barriers for pregnant women living in rural, agricultural villages to accessing antenatal care in Cambodia: A community-based cross-sectional study combined with a geographic information system. PLoS ONE 13(3):e0194103.<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194103>

25. Mohammad H.Vahidnia, Ali A.Alesheikh, AbbasAlimohammadi. Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. *Journal of Environmental Management* 2009; 90(10): 3048-3056.
26. Kranti Suresh Vora, Sandul Yasobant, Raja Sengupta, Ayesha De Costa, Ashish Upadhyay, and Dileep V. Mavalankar. Options for Optimal Coverage of Free C-Section Services for Poor Mothers in Indian State of Gujarat: Location Allocation Analysis Using GIS. *PLoS One*. 2015; 10(9): e0137122. (doi: 10.1371/journal.pone.0137122)
27. David Gomez, Kristian Larsen, Brian J.Burns, Michael Dinh Jeremy Hsu. Optimizing access and configuration of trauma centre care in New South Wales. *Injury* 2019; 50(5): 1105-1110
28. 厚生労働省. 平成 29 年 人口動態統計. (URL: <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei17/index.html>) (Accessed on December 6, 2019)
29. 厚生労働省. 平成 28 年度 国民生活基礎調査 IV 介護の状況. (URL: <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa16/index.html>) (Accessed on December 6, 2019)
30. 法律第百五号 (平三〇・一二・一四) ◎ 健康寿命の延伸等を図るための脳卒中、心臓病その他の循環器病に係る対策に関する基本法.

第二章：地理情報システムを用いた北海道における脳梗塞患者治療のための医師出張システム導入が患者アクセシビリティに及ぼす影響のシミュレーション

2-1 背景

2-1-1 脳梗塞とその社会的影響

脳卒中は脳梗塞、脳出血、クモ膜下出血の3つの疾患を総称したものであり、厚生省が一般向けの公開している生活習慣病予防のための健康情報サイトにおいては”脳の動脈硬化が進み、脳の血管が詰まったり破れたりする病気の総称”と表記されている[1]。

厚生労働省 平成30年度人口動態統計月報より収集した日本の主要な死因を表2-1に示す[2]。表2-1には世界保健機関が定める「疾病及び関連保健問題の国際統計分類：International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems（以下、ICD）」別の小分類別の死亡数上位5項目、および本研究対象である脳卒中が含まれる章番号09についての3桁分類を示す。日本において脳血管疾患が属する循環器系の疾患は全死因の28.7%を占め、その中でも脳血管疾患は循環器系疾患の27.8%を占め、全死因の8.0%を占める。

脳卒中患者は重症度の高い後遺症に生涯にわたって苦しむことが多く、介護度別では要介護4,5などの最も重症度の高いグレードでは特に大きな割合を占めている[3]。表2-2には介護度の主要な介護の原因疾患を示す。介護の原因において認知症に次いで大きな部分を占める。認知症の一定程度は脳血管疾患（脳卒中）に由来するため、脳卒中の実態としての寄与は表2-2中の数値よりも大きいと考えられる。

医療費に関しては、脳卒中は国民医療費の約6%と大きな部分を占める[4]。また、山我らは脳卒中がもたらすCost of illnessを分析し、脳卒中が及ぼす社会的損失が6兆5,877億円であったと推計した[5]。脳卒中の内訳として、1960年代頃までは脳出血が極めて多かったが、医薬品の進歩などから脳出血の割合が減少し、現在では脳梗塞が大部分を占める[1]。日本脳卒中学会の脳卒中データバンク2015によると、脳卒中うち脳梗塞が約68%と最も多くの割合を占めていた[6]。脳卒中は動脈硬化などがリスク因子であり、メタボリックシンドロームを改善して動脈硬化を防ぐことは特定保健指導における重点分野である[1]。脳卒中が社会に及ぼす影響は大きいと考えられるため、治療効果と費用対効果がともに優れた脳梗塞患者の治療提供体制作りが必要であると考えられる。

表 2-1 日本における主要な死因とその割合（[2]より作成）

死因簡単 分類コード	死因	死亡数（人/人 口 10 万人）	死因全体に 占める割合
09000	循環器系の疾患	38,854	28.7%
09100	高血圧性疾患	1,198	0.9%
09200	心疾患（高血圧性を除く）	23,989	17.7%
09300	脳血管疾患	10,797	8.0%
02000	新生物<腫瘍>	33,523	24.7%
10000	呼吸器系の疾患	20,988	15.5%
18000	症状，徴候及び異常臨床所見・異常 検査所見で他に分類されないもの	12,659	9.3%
11000	消化器系の疾患	5,127	3.8%

表 2-1：要介護度別の疾患の構成割合（[3]を一部改変）

要介護度	第一位	第二位	第三位
総数	認知症 18.0%	脳血管疾患（脳卒中） 16.6%	高齢による衰弱 13.3%
要支援者			
要支援 1	関節疾患 20.0%	高齢による衰弱 18.4%	脳卒中 11.5%
要支援 2	骨折・転倒 18.4%	高齢による衰弱 14.7%	脳卒中 14.6%
要介護者			
要介護 1	認知症 24.8%	脳卒中 13.6%	脳卒中 11.9%
要介護 2	認知症 22.8%	高齢による衰弱 17.9%	高齢による衰弱 13.3%
要介護 3	認知症 30.3%	脳卒中 19.8%	高齢による衰弱 12.8%
要介護 4	認知症 25.4%	脳卒中 23.1%	骨折・転倒 12.0%
要介護 5	脳卒中 30.8%	認知症 20.4%	骨折・転倒 10.2%

2-1-2 アルテプラーゼ静注療法と経皮的脳血栓回収療法について

脳梗塞の治療方法が様々存在する中で、アルテプラーゼ静注療法（recombinant tissue-type plasminogen activator: rt-PA）と経皮的脳血栓回収療法（以下、血管内治療）は最も推奨グレード・エビデンスレベル共に高い治療である[7]。アルテプラーゼ静注療法は遺伝子組み換え組織型プラスミノゲン・アクティベータ（recombinant tissue-type plasminogen activator: rt-PA）であるアルテプラーゼ（alteplase）の静脈内投与により脳血栓を溶解する治療法であり、米国 National Institute of Neurological Disorders and Stroke（NINDS）主導で行われた臨床試験（NINDS rt-PA Stroke Study）[8]の成績に基づいて、米国局によって認可されその後、カナダや欧州諸国、アジア諸国にもおいても認可された。一方わが国では、日本国内適用に合わせた用量のアルテプラーゼを用いて行われた臨床試験（Japan Alteplase Clinical Trial）[9]が行われ、rt-PA の治療効果から 2005 年に虚血性脳血管障害への適応拡大が認可された。また、それとほぼ同時に、臨床への応用拡大に向け、「rt-PA（アルテプラーゼ）静注療法適正治療指針（2005 年 10 月）」が公表された[7]。当適正治療指針によると、「アルテプラーゼ静注療法によって、3 ヶ月後の転帰良好例は有意に増加する【Ia】」とされており、RCT のメタアナリシスよりその効果が示されている。その半面で、「アルテプラーゼ静注療法は、発症から 4.5 時間以内に治療可能な虚血性脳血管障害患者に対して行う【エビデンスレベル Ia, 推奨グレード A】“とあるように時間的制約を有し、治療開始が早いほど良好な転帰が期待できる。

経皮経管的脳血栓回収療法（以下、血管内治療）は、ステントなどを用いることにより閉鎖動脈の再開通を早期に諮ることで、急性脳梗塞患者の転帰の改善を図る治療法である。血管内治療は、American Heart Association/American Stroke Association の急性期治療ガイドラインで Class I、我が国の脳卒中治療ガイドラインで Grade A（行うべき治療）として位置づけられている[10]。2014 年 10 月に MR CLEAN、その後、ESCAPE、EXTEND-IA、SWIFT PRIME[11-14] の計 4 件のランダム化比較試験の成績が相次いで発表された。それらを含めた RCT のメタアナリシスである HERMES TRIAL では、前方循環系の主幹動脈（内頸動脈、中大脳動脈近位部）閉塞による急性期脳梗塞に対して、rt-PA 静注療法を含む内科治療に加えて主にステントリトリバーを用いた血管内治療を施行することにより、90 日後の日常生活自立度が有意に改善した[15]。また、同じデータを用いた別研究においては、発症から 7.3 時間の血流再灌流が可能である症例に対して有意な治療効果が示されたように、血管内治療にも治療時間の制約が存在し、治療開始時間が早いほど良好な治療効果が期待される[16]。血管内治療は rt-PA より長いため、rt-PA を実施できなかった患者、rt-PA で十分な血流の再灌流が得られなかった患者、

rt-PA が非適応である患者が良好なアウトカムを享受するための極めて重要な治療法である。また、血管内治療は rt-PA よりも脳出血等の合併症の発生が少ないという利点も存在する[17]。

日本脳卒中学会、日本脳神経外科学会、日本脳神経血管内治療学会から共同で公表されている経皮経管的脳血栓回収用機器 適正使用指針（2015）においては、”日本脳卒中学会の策定した rt-PA（アルテプラゼ）静注療法適正治療指針第 2 版に基づき、適応患者を慎重に選択して rt-PA 静注療法を実施すべきであり、その適応患者に対し rt-PA 静注療法を行わずに本療法を実施することは厳に慎まねばならない”とされており、これらの治療はセットで議論されるべきである[17]。

rt-PA と血管内治療は脳梗塞発症後の時間制約や施設基準による資源的制約が存在することから、rt-PA に関しては端らによって実施状況の地域格差が報告されている[18]。その一方で、血管内治療は良好な治療効果や合併症発症率の低さ、適応時間の広さを考慮した上で今後普及が望まれるものの、その実施状況やアクセシビリティに着目した研究はほとんどなく、現状の可視化が望まれる。血管内治療に関しては、日本脳神経血管内治療学会認定脳血管内治療専門医が行うこととなっており、人的資源の制約も受けるため、治療実施の地域格差が存在するか可能性が考えられる。2018 年 12 月に施行された「脳卒中循環器病対策基本法」においてもこれらの治療実施率の地域格差が問題点として指摘されており[19]、脳卒中の急性期の診療提供体制の構築に当たっては、このような時間的制約の観点から考慮する必要性を述べている。政策的な観点からも、rt-PA や血管内治療を国民が広く享受できるよう、地域の現状に応じた脳卒中の急性期の診療提供体制を構築することが喫緊の課題である。

2-1-3 北海道の地理的特徴および医療資源の偏在について

本研究の対象地域である北海道は、日本の 47 都道府県の中でも特徴的であると言える。その理由としては、全都道府県中で面積が最も大きく[20-21]、脳卒中をはじめとする入院医療の提供単位である二次医療圏数が最大であり、個々の二次医療圏の面積が大きいことが挙げられる。北海道の各二次医療圏における人口、高齢化率、面積、人口当たり医師数等の一覧を表 2-3 に示す[20-22]。図 2-1 には北海道の二次医療圏の地理的分布を示した。北海道の人口の半分近くが札幌近郊に集中する一方で、地方部では人口減少が進んでおり高齢化率の高い地域が多く、生活関連サービスの都市部の集中や、地方部と都市部での地域格差が指摘されている。北海道においては医療計画において医療資源においても地域格差の問題が明示されている。Ishikawa らは北海道における小児科等の医師の需給予測を行い、北海道内における医師の偏在の可能性を指摘している[23]。また、Fujiwara らは北海道における脳卒中治療の関連資源の不

平等性を報告した[24]。各二次医療圏が広大な北海道においては血管内治療へのアクセシビリティに地域差が存在すると考えるが、北海道において地域住民の血管内治療へのアクセスについて検討した報告はほとんどない。

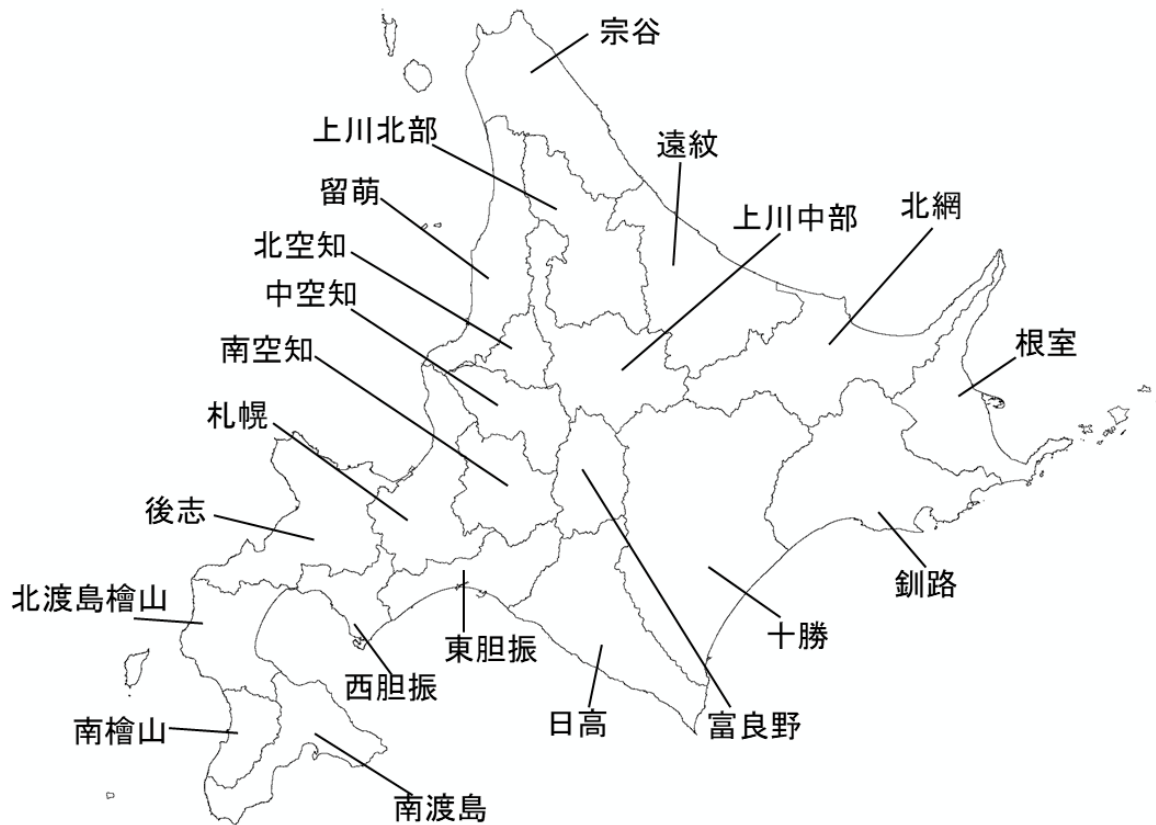


図 2-1：北海道の 21 二次医療圏の地理的分布

表 2-3：北海道における各二次医療圏の基礎データ

医療圏名	人口	高齢化率 (%)	面積	人口 1000 人当たり 医師数 (人)
全体	5,371,742	29.0	78,453	2.15
南渡島	381,629	32.3	2,670	2.24
南檜山	23,769	37.5	1,423	1.09
北渡島檜山	37,279	35.6	2,473.00	1.02
札幌	2,375,449	25.2	3,540.00	2.49
後志	215,522	35.6	4,305	1.94
南空知	166,691	35.5	2,562.00	1.54
中空知	108,970	37.9	2,162	2.16
北空知	32,675	40.3	1,067	1.47
西胆振	189,696	29.4	1,356	2.02
東胆振	212,059	28.1	2,340	1.55
日高	69,015	31.5	4,811	1.04
上川中部	394,270	32.1	4,238	3.06
上川北部	66,591	34.4	4,197	1.91
富良野	32,597	40.4	2,183	1.24
留萌	47,912	36.3	3,445	1.46
宗谷	67,503	30.3	4,626	1.23
北網	222,696	30.8	5,542	1.55
遠紋	70,846	34.7	5,148	1.24
十勝	343,436	28.8	10,828	1.70
釧路	236,516	30.4	5,997.00	1.62
根室	76,621	26.8	3,533	0.84

2-1-4 医師出張システムについて

先述のように、急性期脳卒中治療を、北海道民が普く享受できる状況には至っていないと考えられるため、地域における関係者間で連携し、地理的状況や医療資源等の地域の現状に応じた脳卒中の急性期の診療提供体制を構築する必要がある。しかしながら、小規模な市町村では脳梗塞症例が年間に数例程度である可能性が考えられ、そのために血管内治療等が行える専門医や設備等の医療資源を常備されることは現実的ではない。そこで、2018年に施行された、脳卒中循環器病対策基本法においては、診療提供体制構築のためには、遠隔診療を用いた診断の補助や、Drip and Ship 法等の医療圏間にまたがるような治療提供体制の有効活用が推奨されている[25]。Drip and Ship 法とは、遠隔の医師の指示の下で rt-PA 療法を行い、その後中核病院へと患者を搬送する。Milne らは Drip and Ship と血管内治療施設への直接搬送 (Mothership) を比較し、Primary Stroke Centers における治療が効率的に行われるシナリオにおいては Drip and Ship 法が有効であることを示した[26]。その他の海外の事例としては Telestroke が挙げられ、アメリカ等で一部実施されている。Telestroke は遠隔で専門医が地方の病院に診断や治療の指示・補助を行うものである。Nelson らはアメリカの提携病院間で行われた Telestroke の費用対効果の検討を行い、Telestroke 優れた費用対効果を有することを示した[26]。しかしながら、Drip and Ship 法に関しては rt-PA の実施率向上が見込まれる者の、血管内治療に関しては専門医が必要であるため血管内治療の開始時間が見込まれるわけではなく、医師が常駐しない施設での血管内治療の実施は難しい。Telestroke においては、専門医が勤務しない病院での血管内治療を可能にするものではなく、rt-PA を実施できる医師がいない場合に rt-PA 治療を行うことができないという点でも課題が存在する。

そのほかの仕組みとしては、「医師出張システム」が提案されている[27]。医師出張システムの概念図を図 2-2 に示す。医師出張システムにおいては、血管内治療専門医が脳梗塞患者の発生と同時に勤務施設 (以下、Hub 施設) を出発し、CT、MRI、血管撮影装置などの装置が完備されているが血管内治療専門医が勤務していない施設 (以下、Spoke 施設) に出張して早期の血管内治療を実施を目指すものである。医師出張システムにより、早期の血管内治療を行うことができるため、より良好な患者転帰が期待できる。血管内治療へのアクセシビリティを確保することは極めて重要であり。医師出張システムを行う利点として、医師が患者地点に向いて治療を行うため、他の治療提供体制よりもさらに早期の血管内治療開始が可能であること (Spoke 病院に rt-PA を実施できる医師がいない場合は、rt-PA の実施も可能性とする) と、そして既存の施設等の医療資源を用いて実施可能であることが挙げられる。北海道においては医師出張システムが一部の都市部近郊で行われており、Osanai らは医師出張システムが患者アウ

トカムに及ぼす有意な影響を報告している[28]。しかしながら、医師出張システムは医療アクセスが十分でない地方部でよりその実効性を発揮することができると予測されるため、北海道全域での普及をベースとすることが望ましい。しかしながら現在までに、医師出張システムの導入が北海道全域における脳卒中治療への地理的アクセシビリティ改善に及ぼす影響は検討されていない。

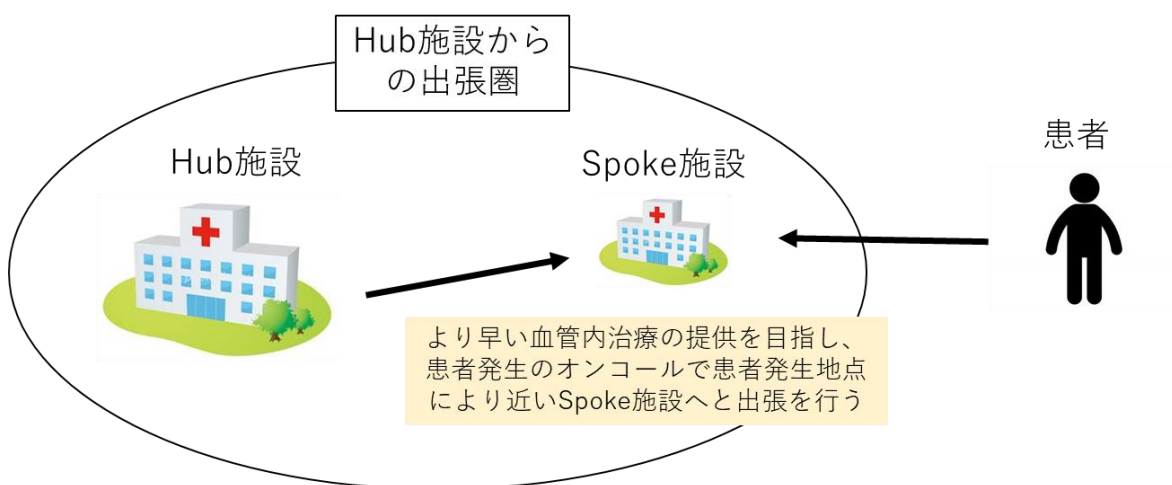


図 2-2：医師出張システムのスキーム

2-1-5 本研究の目的

本研究では、北海道における急性期脳梗塞患者の治療アクセシビリティの改善の手段としての医師出張システムあの提案を目的に、地理情報を用いて医師出張システムが患者のアクセシビリティに及ぼす影響の分析を行った。

2-2 方法

2-2-1 対象とアウトカム

本研究の対象地域は北海道および北海道内の各 21 二次医療圏とし、対象患者は 2015 年に北海道で脳梗塞を発症した仮想患者とした。医師出張システムを適用できない離島地域は本研究の対象から除外した。地理的アクセシビリティの評価アウトカムとしては、血管内治療が可能

な治療施設（Hub 施設 or Spoke 施設）への搬送時間とした。本研究では血管内治療専門医が Hub 施設から自動車で 60 分あるいは 90 分圏内で出張を行うと仮定し、(1)医師出張システムが無いシナリオ（Hub 施設のみで rt-PA および血管内治療が実施可能）、(2)血管内治療専門医が Hub 施設から自動車で 60 分以内の Spoke 施設に出張し治療可能である 60 分出張シナリオ（以下、60 分出張シナリオ）、(3)血管内治療専門医が Hub 施設から自動車で 90 分以内の Spoke 施設に出張し治療可能である 90 分出張シナリオ（以下、90 分出張シナリオ）を設定し、アウトカムは 3 つのシナリオそれぞれについて算出した。

2-2-2 患者数の推計、および地理情報システム上への発生

対象地域内での仮想患者の発生シミュレーションを以下の手順で行った。平成 27 年度国勢調査における北海道の人口[21]、厚生労働省患者調査における北海道の脳卒中の人口 10 万人あたり受療率[29]および脳卒中データベースから収集した脳卒中患者に占める脳梗塞患者の割合[3]に関するデータをかけあわせて、北海道全体における脳梗塞患者数の推計を行った。次に、平成 27 年度国勢調査より対象地域 1km² メッシュデータを取得し[21]、先述した北海道全体の推計脳卒中患者数の発生位置を、統計解析ソフトウェア R(ver 3.5.0)を用いて対象地域内のメッシュの人口に比例するように各メッシュにランダムに決定した。各患者の発生メッシュの決定は 1,000 回反復して行い、その平均値を GIS 上での分析に用いた。平均値に小数点以下が存在する場合は、整数部分の患者は発生するものとし、小数部分は小数部分の値に応じた確率で発生することとした。（例：平均値が 3.2 の場合、発生数が 3 となる確率が 0.8、4 となる確率が 0.2）その後、ランダムに決定した数の各メッシュにおける仮想患者数を、GIS 上の機能「ランダムポイントの発生」を使用して GIS のメッシュ上に発生させた（図 2-3）。なお、本研究における地理的な分析には ArcGIS Desktop10(ESRI 社)を用いた。

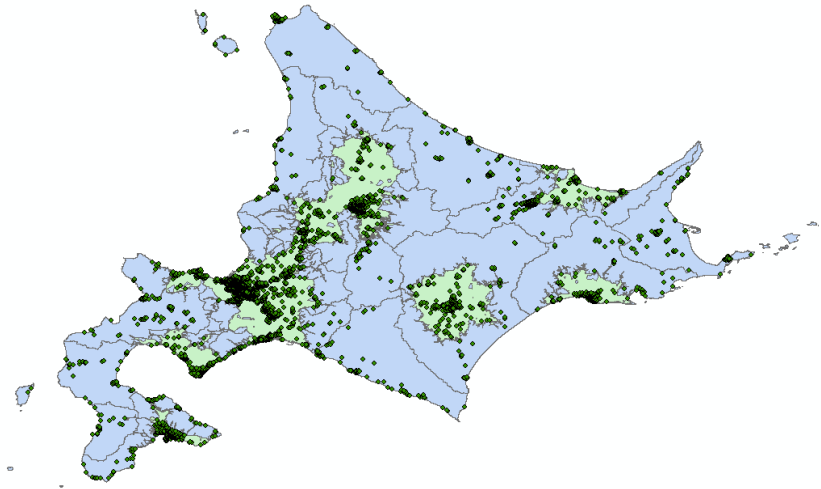


図 2-3：「ランダムポイントの発生」を用いて発生させた仮想患者の分布

2-2-3 治療施設の特定

最初に、本分析で用いる Hub 病院のリストを日本脳神経血管内治療学会北海道地方会のデータより取得し[31]、Spoke 病院の候補となる病院に関するデータを北海道医療計画より収集した[32]。Spoke 病院の基準は①血液検査及び画像検査（CT、MRI、超音波検査等）、②開頭手術（脳動脈瘤クリッピング術、脳内血腫除去術、減圧開頭術等）、および③rt-PA による血栓溶解療法がそれぞれ実施可能であることである（病院群輪番制をとっている圏域については、救急当番日のみの場合を含む）。Hub 病院、Spoke 施設候補の病院名および所属二次医療圏のリストをそれぞれ表 2-3、表 2-4 に示した。Hub 施設の 30 のうち 14 施設は札幌医療圏、3 施設が南渡島医療圏、3 施設が西胆振医療圏、2 施設が東胆振医療圏、2 施設が上川中部医療圏、そして南空知、中空知、十勝、釧路医療圏にそれぞれ 1 つ存在するとした。Spoke 病院の候補施設は 95 存在するが、後述の方法により出張施設として一定数に絞られる。

表 2-3: Hub 病院のリストおよび各 Hub 病院に勤務する血管内治療専門医数 (人) ([28]より取得)

病院名	所属二次医療圏	専門医数	病院名	所属二次医療圏	専門医数
札幌医科大学附属病院	札幌	4	函館脳神経外科病院	南渡島	2
札幌白石記念病院	札幌	4	市立函館病院	南渡島	1
医仁会中村記念病院	札幌	3	大川原脳神経外科病院	西胆振	2
国立病院機構北海道医療センター	札幌	2	製鉄記念室蘭病院	西胆振	1
北海道大学病院	札幌	4	市立室蘭総合病院	西胆振	1
孝仁会北海道大野記念病院	札幌	2	王子総合病院	東胆振	1
秀友会札幌秀友会病院	札幌	2	養生館苫小牧日翔病院	東胆振	1
市立札幌病院	札幌	3	岩見沢脳神経外科	南空知	1
柏葉脳神経外科病院	札幌	1	砂川市立病院	中空知	1
禎心会札幌禎心会病院	札幌	3	旭川医科大学病院	上川中部	3
新さっぽろ脳神経外科病院	札幌	4	旭川赤十字病院	上川中部	1
手稲溪仁会病院	札幌	3	北斗病院	十勝	3
時計台記念病院	札幌	1	釧路孝仁会記念病院	釧路	2
北海道脳神経外科記念病院	札幌	1	北見赤十字病院	北網	1
雄心会函館新都市病院	南渡島	3	高翔会北星記念病院	北網	1

表 2-4 : Spoke 病院のリスト ([29]より)

病院名	所属二次医療圏	病院名	所属二次医療圏
愛心メモリアル病院 (札幌)	札幌	江別病院 (江別)	札幌
イムス札幌消化器中央総合病院 (札幌)	札幌	江別市立病院 (江別)	札幌
N T T 東日本札幌病院 (札幌)	札幌	江別谷藤病院 (江別)	札幌
小笠原クリニック札幌病院 (札幌)	札幌	恵庭第一病院 (恵庭)	札幌
柏葉脳神経外科病院 (札幌)	札幌	恵み野病院 (恵庭)	札幌
勤医協中央病院 (札幌)	札幌	市立千歳市民病院 (千歳)	札幌
K K R 札幌医療センター (札幌)	札幌	千歳豊友会病院 (千歳)	札幌
北海道立子ども総合医療・療育センター (札幌)	札幌	岩見沢市立総合病院 (岩見沢)	南空知
札幌麻生脳神経外科病院 (札幌)	札幌	北海道中央労災病院 (岩見沢)	南空知
札幌協立五輪橋病院 (札幌)	札幌	小樽協会病院 (小樽)	後志
J A 札幌厚生病院 (札幌)	札幌	小樽中央病院 (小樽)	後志
札幌循環器病院 (札幌)	札幌	小樽市立病院 (小樽)	後志
札幌中央病院 (札幌)	札幌	島田脳神経外科 (小樽)	後志
札幌徳洲会病院 (札幌)	札幌	苫小牧市立病院 (苫小牧)	東胆振
札幌東徳洲会病院 (札幌)	札幌	日鋼記念病院 (室蘭)	西胆振
J C H O 札幌北辰病院 (札幌)	札幌	国立帯広病院 (帯広)	十勝
札幌北楡病院 (札幌)	札幌	帯広協会病院 (帯広)	十勝
札幌南一条病院 (札幌)	札幌	帯広徳洲会病院 (帯広)	十勝
札幌緑愛病院 (札幌)	札幌	北星脳神経・心血管内科病院 (北見)	北網
J R 札幌病院 (札幌)	札幌	道立北見病院 (北見)	北網
自衛隊札幌病院 (札幌)	札幌	北見赤十字病院 (北見)	北網
新札幌循環器病院 (札幌)	札幌	小林病院 (北見)	北網
手稲いなづみ病院 (札幌)	札幌	道東脳神経外科病院 (北見)	北網
母恋天使病院 (札幌)	札幌	J A 網走厚生病院 (網走)	北網
K K R 札幌医療センター斗南病院 (札幌)	札幌	こが病院 (網走)	北網
中村記念南病院 (札幌)	札幌	市立釧路総合病院 (釧路)	釧路
北成病院 (札幌)	札幌	釧路三慈会病院 (釧路)	釧路
JCHO北海道病院 (札幌)	札幌	釧路赤十字病院 (釧路)	釧路
北海道循環器病院 (札幌)	札幌	釧路労災病院 (釧路)	釧路
北海道消化器科病院 (札幌)	札幌	稚内禎心会病院 (稚内)	宗谷
北光記念病院 (札幌)	札幌	市立稚内病院 (稚内)	宗谷
コスモ脳神経外科 (札幌)	札幌	滝川脳神経外科病院 (滝川)	中空知
札幌心臓血管クリニック (札幌)	札幌	滝川市立病院 (滝川)	中空知
札幌整形循環器病院 (札幌)	札幌	J A 倶知安厚生病院 (倶知安)	後志
札幌禎心会病院 (札幌)	札幌	広域紋別病院 (紋別)	遠紋
札幌北脳神経外科 (札幌)	札幌	曾我クリニック (紋別)	遠紋
市立旭川病院 (旭川)	上川中部	道立江差病院 (江差)	後志
国立旭川医療センター (旭川)	上川中部	J A 遠軽厚生病院 (遠軽)	遠紋
J A 旭川厚生病院 (旭川)	上川中部	市立根室病院 (根室)	根室
旭川脳神経外科病院 (旭川)	上川中部	伊達赤十字病院 (伊達)	西胆振
大西病院 (旭川)	上川中部	枝幸町国保病院 (枝幸)	宗谷
森山病院 (旭川)	上川中部	町立中標津病院 (中標津)	根室
共愛会病院 (函館)	南渡島	名寄市立総合病院 (名寄)	上川北部
国立函館病院 (函館)	南渡島	士別市立病院 (士別)	上川北部
函館五稜郭病院 (函館)	南渡島	八雲総合病院 (八雲)	北渡島檜山
函館市医師会病院 (函館)	南渡島	留萌市立病院 (留萌)	留萌
函館循環器科内科病院 (函館)	南渡島	洞爺温泉病院 (洞爺湖)	西胆振
函館中央病院 (函館)	南渡島		

その後、ArcGIS Network Analysis 「OID Matrix」機能を用いて専門医が常駐する 29 施設から自動車で 60 分および 90 分圏内にある病院の探索を行った（図 2-4）。その結果から、ベースケースにおける、専門医の常駐する 30 施設に加え、60 分出張シナリオにおいては専門医が 60 分以内の出張により到達可能な候補施設 76Spoke 施設、90 分出張シナリオでは専門医が 60 分以内の出張により到達可能な 84Spoke 施設を特定し、医師出張がこれらの Spoke 施設に行われる可能性があるかと仮定した。（60 分圏内の施設は■色、90 分圏内の施設は■色、90 分圏外の施設は■色で表示）

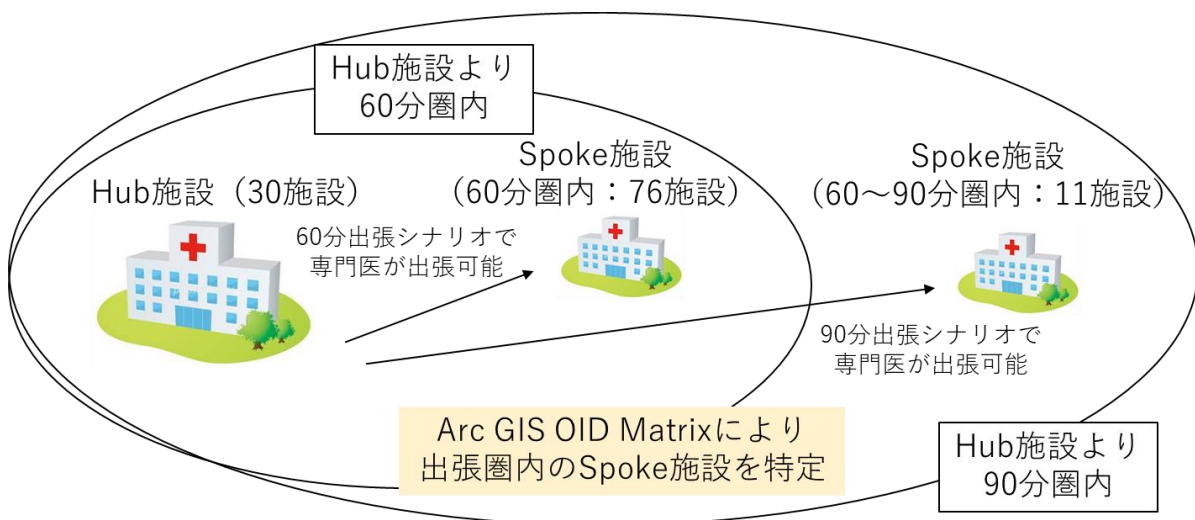


図 2-4：本研究における OID Matrix の概念図

2-2-4 搬送時間の解析

次に、前節で特定した治療施設への、仮想患者の搬送時間をシナリオ別に分析した。搬送時間は、消防署から仮想患者地点への救急車の到着時間と患者地点から治療施設への搬送時間の和と定義した。消防署のデータは消防施設の位置情報は平成 27 年度版の国土数値情報消防署のデータより取得した[33]。ArcGIS Network Analysis 「最寄り施設の検索」機能を用いて、消防署から仮想患者地点への救急車の到着時間と患者地点から治療施設への救急車で搬送時間をそれぞれ算出した。搬送時間の評価の目安として、一般的に用いられる 3 時間を目安とした。3 時間の根拠としては、HERMES Trial において有意な血管内治療の治療効果を生むことが期待される 7.3 時間の血流再灌流の時間を軸に、ガイドライン等で基準とされている血管内治

療の時間の約 2 時間、および血流再灌流に要する時間の 30 分程度[14]、予想される事前の rt-PA の施行に要する時間の 1 時間、および先行研究により報告されている発症時刻と覚知時刻の差の 30 分[31]を考慮した。3 時間以内に可能な患者に関しては、血管内治療や rt-PA の性質上血流再灌流までの時間が短いほど良好な治療効果が得られるため、0-1 時間、1-2 時間、2-3 時間の搬送時間帯ごとに分類した。

2-3 結果

本シミュレーションにおける 2015 年の仮想脳梗塞患者数は 8,544 人であり離島患者を除外すると 8,528 人であった。表 2-5、表 2-6、表 2-7 には二次医療圏別の各シナリオにおける搬送時間の患者数ベースの結果、図 2-5 にはシナリオ別の 3 時間以内に搬送可能な患者の割合を図示した。8,528 名の患者のうち、現状で 60 分以内に搬送できる患者数は 7,085 人（全体の 83.2%）、120 分以内に搬送できる患者数は 8,037 人（94.2%）、180 分以内に搬送できる患者の人数は 8,397 人(98.5%)であった。60 分出張シナリオでは 60 分以内に搬送できる患者数は 7,270 人（85.3%）、120 分以内に搬送できる患者数は 8,104 人（95.0%）、180 分以内に搬送できる患者の人数は 8,442 人（99.0%）であり、60 分以内に治療開始可能な人数が 185 人増加し、180 分以上要する人数が 45 人減少することが確認された。現状シナリオにおいて、全患者に占める 180 分以内に治療施設に搬送・治療可能な患者の割合は 98.5%であり、60 分出張および 90 分出張を行った場合にはそれぞれ 99.0%、99.1%に増加することが示された。

二次医療圏別では、14 の医療圏においては、現状において既にすべての患者が 3 時間以内での治療施設に搬送可能であることが示された。北渡島檜山医療圏においては、現状では 4%の患者が搬送に 180 分以上を要するが、西胆振医療圏からの出張により、3 時間以内の血管内治療開始が可能になることが示された。上川北部医療圏においては、60 分以内に治療施設に搬送可能である患者数が現状では 105 人中 8 人であるが、上川中部医療圏からの 60 分の専門医出張により 89 人（85%）となることが示され、早期の治療開始患者の割合が大きく増加する事が示された。留萌医療圏においては、現状で 10 人（13%）と見積もられた 180 分以上搬送に要する患者を、60 分出張では 5 人（7%）、90 分出張では 0 人へと減らすことができるという結果が得られた。宗谷医療圏は 180 分以内に搬送できない患者の割合が現状 99%と、北海道全体においても大きな割合を占めるが、その割合は上川中部医療圏からの上川北部医療圏への 60 分出張により 73 人まで減少することが示された。しかしながら、90 分シナリオにおいても 96

人中72人(76%)は3時間以内に血管内治療にアクセスできないことが明らかになった。遠紋医療圏においては、60分出張により、180分以内に搬送できない患者の割合を13人から0人に減らすことができ、90分出張では2時間以内に搬送できる患者数が増加し、治療開始時間の短縮による医療アウトカムの向上効果が期待される。その他の医療圏においては60分出張シナリオと90分出張シナリオで患者の搬送時間帯に大きな変化は認められなかった。医師出張システムにより治療開始までの時間短縮が認められる医療圏が存在する一方で、日高医療圏と根室医療圏では現状で平均搬送時間が長く180分以内に治療施設に搬送できない患者を有するものの、60分と90分シナリオのどちらにおいても患者の搬送時間帯にほとんど変化が認められなかった。

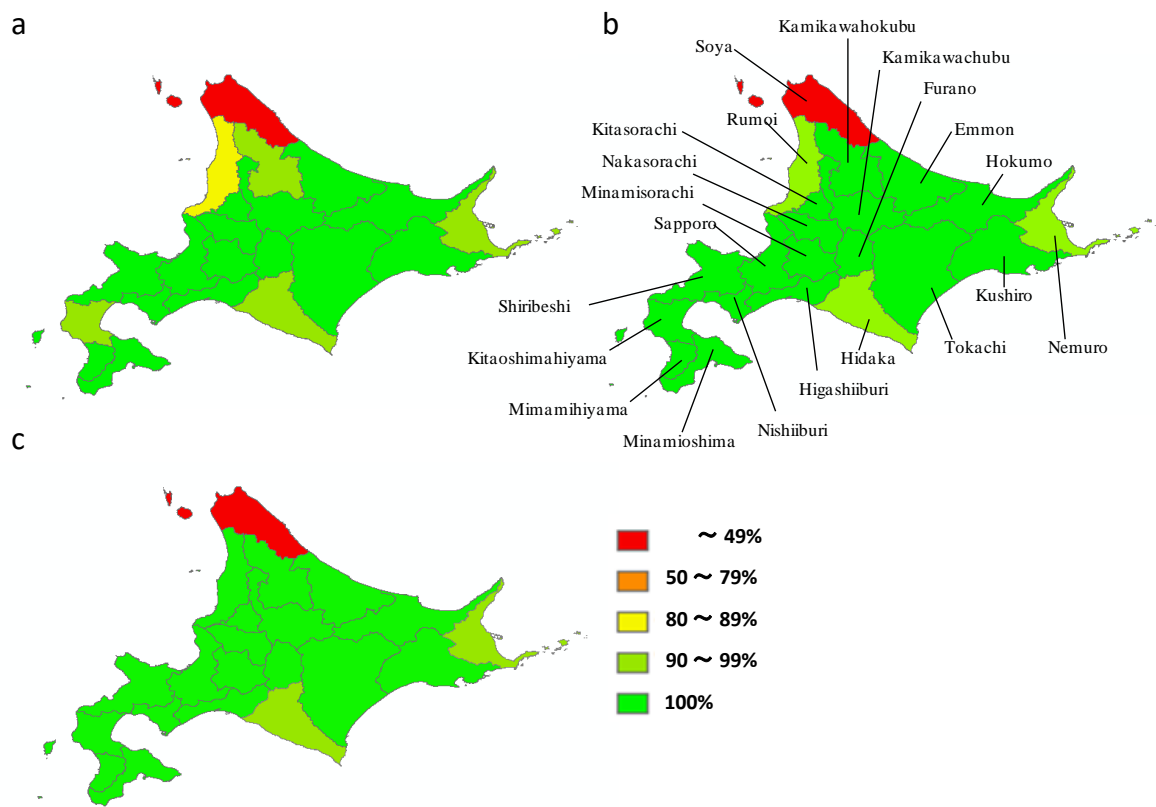


図 2-5：各シナリオにおける3時間以内に治療施設に搬送可能な患者の割合

表 2-5. 現状シナリオにおける二次医療圏別の患者搬送時間帯

二次医療圏	搬送時間帯別 患者数 (人)					3時間以内 での搬送率
	合計	1時間以内	2時間以内	3時間以内	3時間以上	
北海道全体	8,528	7,085	8,037	8,397	131	98.5%
南渡島	615	555	608	615	0	100%
南檜山	26	0	26	26	0	100%
北渡島檜山	55	0	30	53	2	96.4%
札幌	3,781	3,772	3,781	3,781	0	100%
後志	33	200	322	335	0	100%
南空知	263	241	263	263	0	100%
中空知	178	173	178	178	0	100%
北空知	53	39	53	53	0	100%
西胆振	286	278	286	286	0	100%
東胆振	338	332	338	338	0	100%
日高	118	0	32	112	6	94.9%
上川中部	624	610	623	624	0	100%
上川北部	105	8	91	103	2	98.1%
富良野	74	10	73	74	0	100%
留萌	76	0	51	66	10	86.8%
宗谷	97	0	0	1	96	1.0%
北網	354	112	352	354	0	100%
遠紋	119	0	27	106	13	89.1%
十勝	531	440	527	531	0	100%
釧路	378	315	371	378	0	100%
根室	122	0	5	120	2	98.4%

表 2-6 60分出張シナリオにおける二次医療圏別の患者搬送時間帯

二次医療圏	搬送時間帯別 患者数 (人)					3時間以内 での搬送率
	合計	1時間以内	2時間以内	3時間以内	3時間以上	
北海道全体	8,528	7,270	8,104	8,442	86	99.0%
南渡島	615	561	608	615	0	100%
南檜山	26	0	26	26	0	100%
北渡島檜山	55	0	36	55	0	100%
札幌	3,781	3,779	3,781	3,781	0	100%
後志	33	229	331	335	0	100%
南空知	263	242	263	263	0	100%
中空知	178	173	178	178	0	100%
北空知	53	48	53	53	0	100%
西胆振	286	283	286	286	0	100%
東胆振	338	333	338	338	0	100%
日高	118	0	32	112	6	94.9%
上川中部	624	614	624	624	0	100%
上川北部	105	89	103	105	0	100%
富良野	74	10	73	74	0	100%
留萌	76	0	61	71	10	86.8%
宗谷	97	0	0	24	73	24.7%
北網	354	132	354	354	0	100%
遠紋	119	0	51	119	0	100%
十勝	531	457	529	531	0	100%
釧路	378	320	372	378	0	100%
根室	122	0	5	120	2	98.4%

表 2-7 90 分出張シナリオにおける二次医療圏別の患者搬送時間帯

二次医療圏	搬送時間帯別 患者数 (人)					3時間以内 での搬送率
	合計	1時間以内	2時間以内	3時間以内	3時間以上	
北海道全体	8,528	7,270	8,163	8,448	80	99.1%
南渡島	615	561	615	615	0	100%
南檜山	26	0	26	26	0	100%
北渡島檜山	55	0	52	55	0	100%
札幌	3,781	3,779	3,781	3,781	0	100%
後志	33	229	331	335	0	100%
南空知	263	242	263	263	0	100%
中空知	178	173	178	178	0	100%
北空知	53	48	53	53	0	100%
西胆振	286	283	286	286	0	100%
東胆振	338	333	338	338	0	100%
日高	118	0	32	112	6	94.9%
上川中部	624	614	624	624	0	100%
上川北部	105	89	103	105	0	100%
富良野	74	10	74	74	0	100%
留萌	76	0	67	76	0	100%
宗谷	97	0	6	25	73	24.7%
北網	354	132	354	354	0	100%
遠紋	119	0	73	119	0	100%
十勝	531	457	530	531	0	100%
釧路	378	320	372	378	0	100%
根室	122	0	5	120	2	98.4%

2-4 考察

本シミュレーションにおける仮想患者の発生数は離島患者も含めて 8,544 人であった。患者調査のデータより算出された推計患者数は 8,541 人であり、この結果は推計患者数と大きな誤差がなかった。本シミュレーションは北海道内の 1km² メッシュあたりの人口に沿って患者を発生させているため、仮想患者の分布は現実の人口分布を反映しており、血管内治療への患者アクセスを考慮するためのシミュレーションとして有用であると考えられる。

搬送時間をシミュレーションした北海道全体の仮想患者のうち、3 時間以内に Hub 施設に治療施設に搬送された患者は 98.5% であり、現状において北海道の人口の大部分が 3 時間以内に搬送されていることが示された。21 医療圏のうち 14 医療圏では現状で理論上 100% の患者を 3 時間以内に血管内治療施設に搬送することができるが、宗谷医療圏、遠紋医療圏、留萌医療圏、日高医療圏、北檜山医療圏、根室医療圏、上川北部医療圏では搬送できない患者が存在するという結果が得られた。これらの医療圏には日本脳神経血管内治療学会認定医師が常駐する治療施設が存在しない（表 2-3）。現状における脳梗塞患者への血管内治療提供体制における地域格差の存在が示唆され、脳梗塞治療提供体制の北海道内での地域格差を指摘した Fujiwara らの結果を支持するものである[24]。

60 分出張シナリオについて考えると、3 時間以内に搬送可能な患者の割合は 99.0% となり、人数ベースでは 45 人増加した。この増加数は北海道全体での脳梗塞患者の 0.5% 程度である、前述のように医師出張システムは都市圏である札幌医療圏、上川中部医療圏、南渡島医療圏などの大部分においては医師出張なしでも 100% の患者を理論上 3 時間以内に搬送可能であり、導入効果による血管内治療へのアクセシビリティ改善効果は大きくはないと考えられる。その一方で、医療圏中でも上川北部医療圏においては、3 時間での患者の搬送割合が 100% になるだけでなく、60 分以内に搬送可能な患者の割合が 8 人（7.6%）から 89 人（85%）に増加し、医師出張システムの搬送時間短縮による治療効果の改善が期待できる。遠紋医療圏でも同様の傾向が認められた。この結果は上川中部医療圏の旭川の専門医が上川北部医療圏の士別市立病院に出張し、宗谷医療圏、留萌医療圏、遠紋医療圏、上川北部医療圏の道北エリアをより広くカバーできるためと考えられる。したがって、上川中部医療圏から上川北部医療圏への 60 分の出張は、現状で 3 時間以内に搬送できている患者の治療開始時間をさらに早める点で効果的

であると考えられる。北檜山医療圏におけるアクセシビリティ改善は西胆振医療圏内での室蘭市内の病院から伊達赤十字病院への出張に起因すると考えられる。

通常、脳梗塞治療にかかる医療の提供は本研究の分析単位である二次医療圏をベースに完結することが望ましい。しかしながら、すべての地域に治療設備を有した施設や日本脳神経血管内治療学会認定医師などの医療従事者を含む高度医療の提供体制を整えることは必ずしも現実的ではない[32]。そこで本結果より、北檜山医療圏の患者を西胆振医療圏に、宗谷医療圏、留萌医療圏、遠紋医療圏、上川北部医療圏の患者を上川北部医療圏に搬送しする提供体制を構築することで、複数の二次医療圏間において協同して、既存の資源配置に基づいてより公平性の高い脳梗塞治療環境が実現可能であると考えられる。治療提供体制のアクセシビリティ改善の観点から、遠紋医療圏、上川北部医療圏、宗谷医療圏、留萌医療圏、北渡島檜山医療圏における60分の医師出張体制が有効であると考えられる。

90分出張シナリオにおいては理論上60分出張よりもさらに北海道全体で6人の患者が3時間以内に搬送可能となり、60分-120分の時間帯に搬送可能な患者が59人増加することが示された。この6人のうち5人は留萌医療圏の発生患者であり、中空知医療圏の砂川市立病院や上川中部医療圏の旭川赤十字病院からの出張により留萌医療圏内での治療が可能となることが示された。さらに、現状で3時間以内に搬送可能であった患者の搬送時間短縮の効果も認められ、留萌医療圏においては90分出張が有効であることが示された。

日高医療圏、根室医療圏においては90分出張シナリオにおいても180分以内に搬送可能な患者数に変化は認められず、搬送時間短縮による治療効果の改善も見込めないことが示された。これらの医療圏にはHub病院はもちろん医師出張先であるSpoke施設が自動車でも60-90分圏内に存在しないため、日高医療圏では東胆振医療圏、根室医療圏では釧路医療圏にある日本脳神経血管内治療学会認定医師の常駐する病院に搬送しなければならないことが原因であると考えられる。また、宗谷医療圏においては90分の出張シナリオを行ったとしても、現状シナリオで3時間搬送できない患者96人のうち72名が依然カバーできていないことが示された。血管内治療およびrt-PAは急性期脳梗塞患者に対する最も推奨グレードやエビデンスレベル高い治療の一つであり、アクセシビリティの高い脳梗塞治療提供体制構築の観点から、これらの医療圏においては新規設備配置、ドクターヘリ利用などの搬送体制、遠隔診断など治療提供体制の再検討を行っていく必要があると考えられる。

本研究では GIS を用いて医師出張システムの導入が北海道における脳梗塞患者の rt-PA および血管内治療へのアクセシビリティに及ぼす影響を明らかにすることを試みたが、いくつかの限界点が存在する。はじめに、本分析においては血管内治療専門医のキャパシティ、つまり出動可能性を考慮していない。一年、あるいは一日の中では血管内治療専門医が出動できないタイミングがあると推察される。実際のシステム導入に際しては、各 Hub 施設における血管内治療専門医数やその出動可能性を考慮する必要がある。次に、本分析は天気・天候の不確実性や脳梗塞発症時間の不確実性の影響を考慮していない。北海道は積雪地域であり、実際には到達時間は天気・天候の影響をうける可能性が考えられる。また、発症時間帯に関しても血管内治療専門医の出動可能性に影響を与えるかもしれない。最後に、前述のように本分析は自動車での出張が困難な離島地域を対象に含めていなく、ドクターヘリによる出動可能性を考慮していない。3 時間以内での患者搬送が困難な患者が存在する宗谷医療圏、根室医療圏、日高医療圏と同様に、ドクターヘリ等の他の手段を組合せた分析を行っていくことが望ましい。

2-5 結論

本研究では、脳梗塞治療提供体制の北海道内での地域格差を解消するための施策としての医師出張システムの提案を目的として、地理情報システムを用いて北海道における医師出張システムが急性期脳梗塞患者の治療アクセシビリティに及ぼす影響の分析を行った。その結果、宗谷医療圏、遠紋医療圏、留萌医療圏、日高医療圏、北檜山医療圏、根室医療圏、上川北部医療圏では3時間以内に搬送できない患者が存在した。その一方で、遠紋医療圏、北檜山医療圏、上川北部医療圏では対象患者の100%が60分の医師出張により、留萌医療圏では90分出張により3時間以内に治療施設に搬送可能であることが示された。宗谷医療圏では、60分および90分圏内の医師出張により一定数が3時間以内に Hub または Spoke 施設に搬送可能であることが示された。宗谷医療圏、日高医療圏、根室医療圏においては医師出張システムを活用しても3時間以内に搬送できない患者が存在するため、今後はドクターヘリ等も含めて脳梗塞治療の提供体制について検討していく必要があると考えられる。

参考文献

1. 厚生労働省 生活習慣病予防のための健康情報サイト eヘルスネット
(URL: <https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/dictionary/metabolic/ym-069.html>)
(Accessed on December 7, 2019)
2. 厚生労働省. 平成 30 年度 人口動態統計月報 (平成 30 年度 1 月分) 死亡数及び死亡率.
(URL: <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/m2018/01.html>) (Accessed on December 7, 2019)
3. 厚生労働省. 平成 28 年度 国民生活基礎調査 IV 介護の状況. (URL: <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa16/index.html>) (Accessed on December 6, 2019)
4. 厚生労働省. 平成 29 年度 医療費の動向 調査. (URL: <https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0003276720>) (Accessed on November 18, 2019)
5. 山我美佳、池田俊也 脳血管疾患の Cost of Illness (医療・社会的資源) . 国際医療福祉大学学会誌. 2016; 21(1) 82-92.
6. 小林祥泰 (編) .脳卒中データバンク 2015. 中山書店.
7. 日本脳卒中学会 脳卒中医療向上・社会保険委員会 rt-PA (アルテプラゼ) 静注療法指針改訂部会. rt-PA (アルテプラゼ) 静注療法 適正治療指針 第二版 2012 年 10 月 (2016 年 9 月一部改訂) .
8. The National Institute of Neurological Disorders and Stroke rt-PA Stroke Study Group. Tissue plasminogen activator for acute ischemic stroke. N Engl J Med. 1995; 333: 1581-1587
9. Yamaguchi T, Mori E, Minematsu K, et al. Alteplase at 0.6 mg/kg for acute ischemic stroke within 3 hours of onset: Japan Alteplase Clinical Trial. Stroke. 2006; 37: 1810-1815
10. 日本脳卒中学会. 脳卒中治療ガイドライン 2015.
11. Berkhemer OA, Fransen PS, Beumer D, et al. A randomized trial of intraarterial treatment for acute ischemic stroke. N Engl J Med . 2015;372: 11-20
12. Goyal M, Demchuk AM, Menon BK, et al. Randomized assessment of rapid endovascular treatment of ischemic stroke. N Engl J Med . 2015;372:1019-30
13. Campbell BC, Mitchell PJ, Kleinig TJ, et al. Endovascular therapy for ischemic stroke with perfusion-imaging selection. N Engl J Med . 2015;372: 1009-18

14. Saver JL, Goyal M, Bonafe A, et al. Stent-retriever thrombectomy after intravenous t-PA vs. t-PA alone in stroke. *N Engl J Med* 2015; 372: 2285–95.
15. Goyal M, Menon BK, van Zwam WH, et al. Endovascular thrombectomy after large-vessel ischaemic stroke. *Lancet*. 2016;387(10029):1723-1731
16. Saver Jeffrey L, Goyal Mayank, van der Lugt Aad et al. Time to Treatment With Endovascular Thrombectomy and Outcomes From Ischemic Stroke: A Meta-analysis. *JAMA-JOURNAL OF THE AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION* 2016;316(12)1279-1288.
17. 日本脳卒中学会、日本脳神経外科学会、日本脳神経血管内治療学会. 経皮経管的脳血栓回収用機器 適正使用指針 第2版 2015年4月.
18. Kazuo Hashi. Present status of intravenous rt-PA therapy and regional difference in its availability in Japan. *Jpn J Stroke* 2010; 32: 770–772. (in Japanese)
19. 法律第百五号（平三〇・一二・一四）◎健康寿命の延伸等を図るための脳卒中、心臓病その他の循環器病に係る対策に関する基本法
20. 日本医師会. 地域医療情報システム 地域別統計（URL: <http://jmap.jp/cities/search>）（Accessed on November 19, 2019）
21. 総務省統計局. 平成27年国勢調査.（URL: <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2015/kekka.html>）（Accessed on November 19, 2019）
22. 厚生労働省. 平成30(2018)年医療施設（動態）調査・病院報告の概況.（URL: <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/79-1a.html>）（Accessed on December 6, 2019）
23. Ishikawa T, Fujiwara K, Ohba H, Suzuki T, Ogasawara K. Forecasting the regional distribution and sufficiency of physicians in Japan with a coupled system dynamics - geographic information system model. *Human Resources for Health*, 2017;15(64)
24. Fujiwara K, Osanai T, Kobayashi E, Tanikawa T, Kazumata K, Tokairin K et al. Accessibility to Tertiary Stroke Centers in Hokkaido, Japan: Use of Novel Metrics to Assess Acute Stroke Care Quality. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* 2018; 27(1):177-184.
25. Matthew S.W. Milne, Jessalyn K. Holodinsky, Michael D. Hill, Anders Nygren, Chao Qiu, Mayank Goyal et al. Drip ‘n Ship Versus Mothership for Endovascular Treatment. *Stroke* 2017; 48:791–794
26. Nelson RE, Saltzman GM, Skalabrin EJ, et al: The cost-effectiveness of telestroke in the treatment of acute ischemic stroke. *Neurology* 77: 1590–1598, 2011
27. 北海道大学 大学院医学研究科・医学部 脳神経外科. 研究紹介 臨床研究（URL: <https://neurosurgery-hokudai.jp/research/clinical/>）（Accessed on November 19, 2019）

28. Osanai T, Ito Y, Ushikoshi S et al. Efficacy of "Drive and Retrieve" as a cooperative method for the prompt endovascular treatment for acute ischemic stroke. J Neurointerv Surg 2019.
29. 厚生労働省. 患者調査 2014. (accessed on 2018,27 September)
30. 国土交通省国土政策局国土情報課. 国土数値情報ダウンロードサービス.
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html> (Accessed 10 Dec. 2017)
31. 日本脳神経血管内治療学会. 日本脳神経血管内治療学会認定専門医の在籍する施設. (URL: <http://jsnet.hkdo.jp/nintei.html>) (Accessed on November 19, 2019)
32. 北海道. 北海道医療計画〔改訂版〕. 2013
33. 国土交通省 国土政策局. 国土数値情報（消防署）. (URL: <https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/060506>) (Accessed on November 19, 2019)
34. Spokoyny I, Raman R, Ernstrom K et al. Accuracy of first recorded "last known normal" times of stroke code patients. J Stroke Cerebrovasc Dis. .2015;24:2467-2473.

第三章：地理情報システムを用いた北海道における脳梗塞患者治療のための 医師出張システム導入の費用対効果のシミュレーション

3-1 背景

3-1-1 医師出張システムが患者の治療へのアクセシビリティに及ぼす影響

本論文の第二章においては、北海道における公平かつ効果的な急性期脳梗塞患者の治療提供体制構築の必要性を背景に、北海道における急性期脳梗塞患者の治療アクセシビリティの不平等性改善の手段としての医師出張システムの提案を目的に、急性期脳梗塞患者の rt-PA および血管内治療へのアクセシビリティの現状の可視化、および地理情報システムを用いて医師出張システムが患者のアクセシビリティに及ぼす影響の分析を行った。その結果、医師出張システムによりいくつもの医療圏において患者の治療アクセシビリティの改善が見込めるものの、現状では 21 の二次医療圏中 7 医療圏で 3 時間以内に搬送できない患者が存在することが示され、急性期脳梗塞患者の血管内治療へのアクセシビリティに地域格差が存在する可能性が示された [1]。その一方で、Hub 施設から 60 分圏内の医師出張システムの導入により遠紋医療圏等、90 分圏内の出張では留萌医療圏で、患者の rt-PA および血管内治療へのアクセシビリティが改善される可能性が示された。

3-1-2 医師出張システムの費用対効果検討の重要性

前章「地理情報システムを用いた北海道における脳梗塞患者治療のための医師出張システム導入が患者アクセシビリティに及ぼす影響のシミュレーション」の内容より医師出張システムは患者の血管内治療へのアクセシビリティが改善につながることから、治療の特性上患者の治療アウトカムの改善につながると考えられる。重症の脳梗塞患者は生涯にわたって後遺症の影響を受ける可能性があり、重症患者ほど高額の治療費を要し [2]、介護費も同様の傾向が認められる [3]。つまり、医師出張システムによる血管内治療の実施率が向上することにより、治療アウトカムの改善を通して医療費や介護費が低減する可能性が考えられる。医師出張システムの導入するにあたっては、日本の費用対効果分析ガイドラインで推奨されているように、医療費や介護費への影響を見積もることが政策的視点では重要である [4]。加えて、同ガイドラインの 13.3.1 においては“保険者負担分のみならず公費や患者負担分も含めて費用として取り扱う（公的医療費の全額）”とされている [4]。医師出張システムを政策導入することを想定した場合、出張する医師の人件費をはじめとして様々なコストを公費負担することが必要になる

と考えられる。理想的には費用や資源の制約が全く存在しなくすべての二次医療圏において医師出張システムのような仕組みが実装されることであるが、都道府県や自治体は限られた予算制約の中で効率的な医療提供体制を構築する必要があり、現実的ではない[5]。医療費、介護費、そして考え得るその他の公的負担を総合的に考慮した上で費用対効果を評価し、得られる医療アウトカムと併せて、脳卒中医療の提供単位である二次医療圏において医師出張システムの導入の優先順位、あるいは具体的にどの病院間や地域間で導入することが望ましいかについて検討する必要があると考えられる。

3-1-3 本研究の目的

そこで本研究では、北海道における費用対効果に優れた急性期脳梗塞患者の治療提供体制の構築支援を目的に、60分圏内の医師出張のケースに焦点を当て、地理情報システムを用いて北海道および北海道の各二次医療圏における医師出張システム導入の費用対効果の分析を行った。

3-2 方法

3-2-1 対象・アウトカム・スキーム

本研究の対象患者は2015年に北海道で脳梗塞を発症した仮想患者とし、対象地域は北海道内の21二次医療圏とした。対象期間は脳梗塞の発症から3年とした。本研究に費用対効果分析における前提として、医師出張を行う専門医を政策的に配置した際の人件費を公費負担することを仮定した。第二章では専門医の出動可能性を考慮できない点を限界として挙げていたが、この仮定を置くことにより医師の出動可能性という課題を部分的に克服できると考えられる。医師出張システムに使用されるHub施設およびSpoke施設は、本論第二章で述べた、GISの「OID Matrix」を用いて特定した施設群を使用した(第二章表2-4)。

費用対効果のアウトカムには、日本の費用対効果分析ガイドラインや[4]、NICEの費用対効果分析においても[6]標準的な評価指標として使用されているICERを用いた。本研究におけるICERは以下の式1で定義される。Hub施設が存在する医療圏に1名の専門医を追加配置すると仮定した上でICERをHub病院の存在する二次医療圏別に算出した(式1)。本分析では、医師出張システムを行わないシナリオ(以下、ベースシナリオ)と血管内治療専門医が自動車で60分以内のSpoke病院に出張し治療を行う60分出張シナリオ(以下、60分出張シナリオ)を設定し、ベースシナリオとの比較から60分出張の導入によるICERを算出した。前述の通

り、本研究では医師出張システムを行うために血管内治療専門医を Hub 施設に追加配置し、その追加配置された医師の人件費を政策的に公費負担することを仮定した。分子、医師を 1 名ある Hub 病院の存在する二次医療圏に追加した場合に、その医療圏からの出張により得られる QALYs と出張が無い場合の差を意味し、分母はコストの差を意味する。コストの分析視点は公的視点として、ICER 算出のためのコストには医療費、介護費、その他の公的支出（追加配置する医師の人件費等）を含めた（式 1）。治療アウトカムの指標には標準的な QALY を用いた。

■：搬送時間に依存、■：出張回数等に依存

$$\text{ICER (二次医療圏レベル)} = \frac{\text{医師出張での獲得QALY} - \text{現状シナリオでの獲得QALY}}{\text{医師出張でのコスト} - \text{現状シナリオでのコスト}} \quad (\text{式 1})$$

コスト (合計) =	医療・介護費	+	その他の公的支出
------------	--------	---	----------

出張を行う血管内治療専門医を新たに配置した場合の医師人件費および出張にかかる交通費を含む

医療・介護費や QALY は推計された患者重症度が異なると仮定した。その他の公的支出については後述するが、医療・介護費と QALY の算出スキームは図 3-1 の通りである。まず、前章と同様の分析により搬送時間帯別の患者数を算出した。次に搬送時間帯により患者の重症度の期待値が異なる仮定のもと、重症度の推計を行う。次に、重症度別に 1 人当たりの医療・介護費と QALY を算出した。1 人当たりの医療・介護費の期待値と、人数を掛け合わせることで、対象集団全体の獲得 QALY や医療・介護費を算出した。算出した医療・介護費をその他の公的支出と合算し、QALY と併せて計算することでアウトカムの ICER を算出した。ICER の評価基準は、日本における費用対効果分析ガイドラインに準じ[4]、5,000,000 円/QALY とした。コストおよび QALY の割引率は日本のガイドラインに準じ、年率 2% とした[4]。

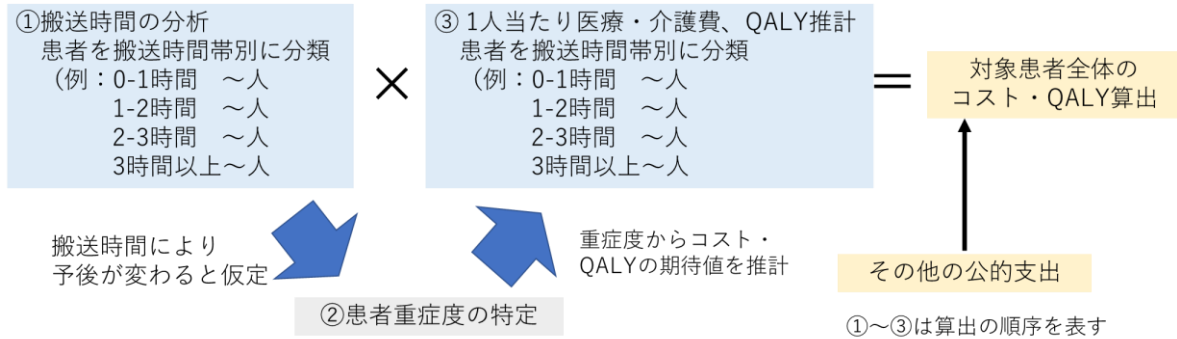


図 3-1：本研究における医療・介護費および QALY 算出のスキーム

3-2-2 仮想患者の発生と搬送時間の分析

本研究における血管内治療適応患者の人数は、日本における血管内治療実施率を報告した先行研究における人口あたり治療試行数を基に算出し[7]、北海道全体で 1,445 人とした。統計ソフト R と地理情報システムを用いた仮想患者の発生、および搬送時間の分析方法に関しては、第二章「地理情報システムを用いた北海道における脳梗塞患者治療のための医師出張システム導入が患者アクセシビリティに及ぼす影響のシミュレーション」と同様とした。第二章と同様に、対象患者を搬送時間帯で、0-1 時間、1-2 時間、および 2-3 時間で搬送された者に分類した。第二章に加えて本研究では、プログラミング言語 Python のコーディング (Python ver 5.7) で ArcGIS を操作することで、この患者発生・搬送時間の分析、その後の費用対効果の分析の全行程を 100 回繰り返して施行した。最終的に 100 回分の試行それぞれから費用対効果の分析を行うことで、1 回 1 回の患者ランダム発生による患者分布の偏りや発生位置の不確実性の影響を少なくすることができる上に、算出された結果の統計的比較が可能となる。

3-2-3 患者重症度の推計

医師出張システムはできるだけ多くの患者に、現状最もエビデンスの高い治療である血管内治療を提供することを目指すものである。第二章「地理情報システムを用いた北海道における脳梗塞患者治療のための医師出張システム導入が患者アクセシビリティに及ぼす影響のシミュレーション」で前述したように、3 時間以内に治療施設に搬送可能であった患者を血管内治療の適応患者とする。

脳梗塞の重症度の指標としては最も一般的なものである、発症から 3 カ月後の modified Rankin Scale(以下、mRS) を用いる[8]。血管内治療の効果に関する主要な RCT のメタアナリシスである HERMES 研究 (2016) においては、治療開始時間の遅延とともに 3 カ月後の予後が自立であった患者の割合が有意に減少し、重症患者の割合が増加することが示されている[9]。したがって、本研究の患者重症度の推計では HERMES 研究における発症から血管内治療開始までの時間と 3 カ月後の mRS ステージ予後の関係のデータを使用し、治療開始が早いほど良好な治療アウトカムが得られる治療の性質の反映を試みる。算出した仮想発生患者の治療施設までの搬送時間帯に応じて、患者の発症 3 ヶ月 mRS ステージが図 3-2 に準じて分布することとした。また、本シミュレーションにおいては患者の重症度が対象期間にわたって継続するものと仮定した。

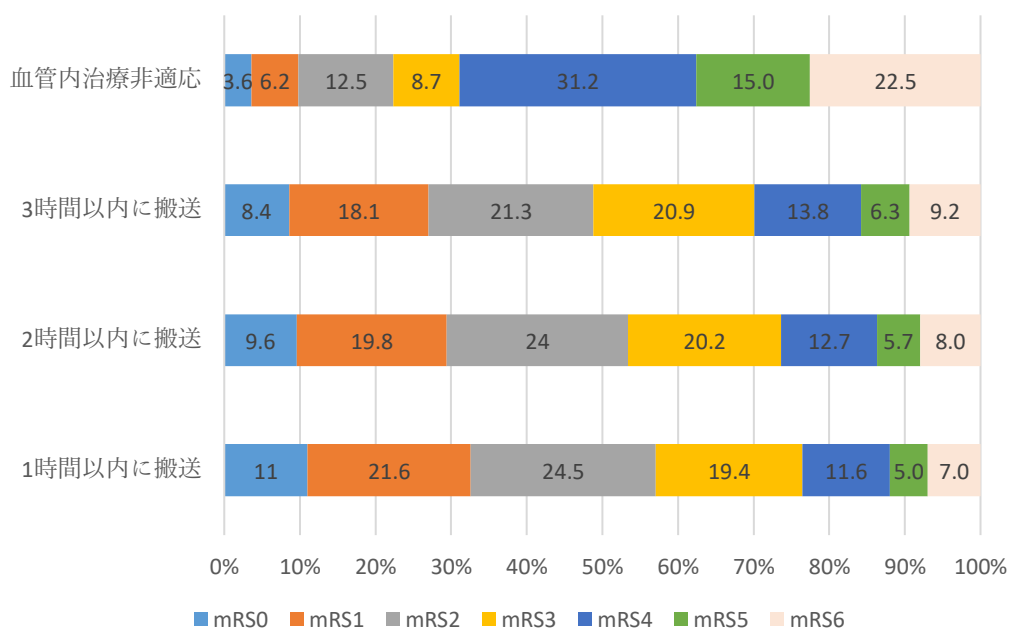


図 3-2：搬送時間および血管内治療の有無別の発症後 3 か月の mRS ステージ分布の期待値 ([8]を基に作成)

3-2-4 出張回数や出張パターンに関する分析

本節では本研究における医師出張発生の定義、および出張パターンに関する分析方法について述べる。医師出張の目的は血管内治療を早く始めることであるため、「医師出張シナリオにおいて患者の搬送時間帯が変わった場合（短くなった場合）に医師出張を行うこととした。（例：現状シナリオでは 1-2 時間の搬送時間帯で搬送されていた患者が、60 分出張シナリオで 0-1 時間の搬送時間帯で搬送可能となる場合に医師出張を行うとする）

ArcGIS「最寄り施設の検索」からはインシデント（患者）地点から最も近い Hub 施設もしくは Spoke 施設を特定する事ができる。「最寄り施設の検索」を Hub 施設と Spoke 施設を対象にして行うことで、出張元（Hub 施設）と出張先（Spoke 施設）の最短距離の組み合わせを特定し、医師出張がこれらの施設の組み合わせにおいて行われるものとした（出張元と出張先の組み合わせは表 3-1）。実質的な効果がほとんどないと考えられる近隣の病院への出張がカウントされることを防ぐため、出張元と出張先の組み合わせの内、GIS「最寄り施設の検索」機能よりアプトプットされた Hub 施設から Spoke 施設への移動距離が 10 分未満のものを除外した。表 3-1 は Hub 施設から Spoke 施設への移動距離が 10 分未満のものを除外した、分析に用いた組み合わせのリストを示す。

以上の収集した情報を基に、二次医療圏別の患者発生数、出張が見込まれる回数、およびその出張の出張元と出張先の組み合わせを特定した。患者の発生地点の二次医療圏の情報は ArcGIS「空間検索」を用いて取得した。

表 3-1：特定した出張元施設と出張先施設のペア

出張元 (Hub) 施設名	出張元 医療圏	出張先 (Spoke) 施設名	出張先 医療圏	出張時間 (分)
柏葉脳神経外科病院	札幌	小笠原クリニック札幌病院 (札幌)	札幌	16.3
札幌医科大学附属病院	札幌	札幌協立五輪橋病院 (札幌)	札幌	16.0
柏葉脳神経外科病院	札幌	自衛隊札幌病院 (札幌)	札幌	13.9
札幌医科大学附属病院	札幌	中村記念南病院 (札幌)	札幌	16.4
柏葉脳神経外科病院	札幌	JCHO 北海道病院 (札幌)	札幌	11.1
禎心会札幌禎心会病院	札幌	江別病院 (江別)	札幌	15.2
禎心会札幌禎心会病院	札幌	江別市立病院 (江別)	札幌	18.8
禎心会札幌禎心会病院	札幌	江別谷藤病院 (江別)	札幌	18.1
新さっぽろ脳神経外科病院	札幌	恵庭第一病院 (恵庭)	札幌	20.8
新さっぽろ脳神経外科病院	札幌	恵み野病院 (恵庭)	札幌	22.0
新さっぽろ脳神経外科病院	札幌	市立千歳市民病院 (千歳)	札幌	29.2
新さっぽろ脳神経外科病院	札幌	千歳豊友会病院 (千歳)	札幌	29.8
孝仁会北海道大野記念病院	札幌	小樽協会病院 (小樽)	後志	21.4

表 3-1：特定した出張元施設と出張先施設のペア（続き）

出張元（Hub）施設名	出張元 医療圏	出張先（Spoke）施設名	出張先 医療圏	出張 時間 (分)
孝仁会北海道大野記念病院	札幌	小樽中央病院（小樽）	後志	22.2
孝仁会北海道大野記念病院	札幌	小樽市立病院（小樽）	後志	21
孝仁会北海道大野記念病院	札幌	島田脳神経外科（小樽）	後志	25
北斗病院	十勝	国立帯広病院（帯広）	十勝	14.3
北斗病院	十勝	帯広徳洲会病院（帯広）	十勝	18.6
北見赤十字病院	北網	J A 網走厚生病院（網走）	北網	55.5
北見赤十字病院	北網	こが病院（網走）	北網	56.4
釧路孝仁会記念病院	釧路	市立釧路総合病院（釧路）	釧路	14.4
釧路孝仁会記念病院	釧路	釧路三慈会病院（釧路）	釧路	14.6
砂川市立病院	中空知	滝川脳神経外科病院（滝川）	中空知	11.3
砂川市立病院	中空知	滝川市立病院（滝川）	中空知	10.7
製鉄記念室蘭病院	西胆振	伊達赤十字病院（伊達）	西胆振	24.4
旭川赤十字病院	上川中部	士別市立病院（士別）	上川北部	47.5
製鉄記念室蘭病院	西胆振	洞爺温泉病院（洞爺湖）	西胆振	49.6

3-2-5 1人当たり QALY およびコストの推計

治療費用（特に介護費用）や QOL 効用値は患者重症度の影響を受けると考えられるため、医療・介護費や QOL 効用値が前節で算出した患者重症度によって異なると仮定した。60 分以内で搬送した患者、60-120 分で搬送した患者、120-180 分で搬送した患者、搬送に 180 分以上要した患者それぞれについて 1 人当たりの費用と QALY の期待値を算出した。

医療費に関しては、日本においては全国一律の医療行為等の価格である診療報酬により医療費が請求される。医療費は日本全国の患者データを集めたデータベースである「脳卒中データバンク」における mRS ステージ別の診療報酬の分析データを用いた（表 3-2） [10]。

表 3-2：mRS ステージ別の医療費、介護サービス利用率および QOL 効用値

	mRS stage						
	0	1	2	3	4	5	6
医療費総額 (万円) [10]	86	116	165	190	228	323	271
要介護度 [11]	No care	要支援 1	要支援 2	要介護 1	要介護 2or3*	要介護 4or5 *	No care
介護サービス 利用率[12] (%)	0	26.1	91.8	98.5	100	100	0
QOL 効用値 [12]	0.89	0.797	0.65	0.588	0.363	0.092	0
介護費用（千 円/年） [11]	0	349	596	1,276	要介護 2: 1,725	要介護 4: 3,030	0
					要介護 3: 2,525	要介護 5: 3,489	

*2つの介護レベルへの振り分けは、実際の患者比に従うものとした[3]

次に介護費の推計方法について述べる。推計した患者の mRS 分布をもとに、山我らの研究（2016）などで用いられている mRS Grade と介護度の変換表（表 3-2）を用いて mRS 重症度からの介護度を算出した[11]。発症後 3 年間における介護費用の推計は、山我ら（2016）に準じ [11]、平成 25 年度(2013 年度) 「介護給付費実態調査」 [3]より、平成 25 年 5 月審査分から平成 26 年 4 月審査分における、介護予防サービス（要支援 1、要支援 2）及びサービス（要介護 1、要介護 2、要介護 3、要介護 4、要介護 5）の各月の利用状況を費用として収集し、年間費用額を推計した。これに、平成 25 年度(2013 年度) 「介護給付費実態調査」から得られた要介

介護度別利用人数に、平成 25 年(2013 年)「国民生活基礎調査」から得られた要介護度別脳血管疾患の占める割合(要支援 1: 8.5%、要支援 2: 14.1%、要介護 1: 14.0%、要介護 2: 18.9%、要介護 3: 23.5%、要介護 4: 30.9%、要介護 5: 34.5%)を掛け合わせ、要介護度別脳血管疾患人数と、要介護度別脳血管疾患の年間介護費用を推計した(表 3-2)。介護サービスを利用する患者の割合は mRS ステージごとに異なると考えられるため、mRS ステージ別の介護サービスを要する患者の割合は、Hattori ら(2012)の研究における、「Return to working lifestyle」と「Living at home requiring no nursing care」以外の状態にある患者の割合とした(表 3-2) [12]。

その他の公的支出には、出張する医師の人件費と交通費を含めた。含めたコストの一覧と算出方法を表 3-3 に示す。医師の人件費に関しては、出張を行う血管内治療専門医を追加配置し人件費を政策的負担すると仮定し、医師の給与・賞与[13]、社会保険料、厚生年金保険料[14]、雇用保険[15]、労災保険分[16]を含めた。交通費に関しては医師が自動車で移動すると仮定し、そのガソリン代を含めた[17]。医師人件費は一次感度分析の対象とした。感度分析の範囲は表 3-3 に示した。人件費は厚生労働省賃金構造基本統計調査より標準的な値(年額)を計算した[13]。自動車出張の際の交通費は、GIS「最寄り施設の検出」のアウトプットとして得られる Hub-Spoke 移動距離にガソリン価格を掛け合わせることで算出した。

表 3-3: 分析に用いた公的コストの一覧と感度分析の範囲

項目	保険料率	lower scenario	base scenario	upper scenario
医師人件費計 (円/年)		10,482,403	15,723,604	23,585,406
医師給与・賞与 (円/年) [13]		7,740,533	11,610,800	17,416,200
雇用保険 (円/年) [15]	0.90%	835,968	1,253,952	1,880,928
厚生年金保険 (円/年) [14]	18.30%	1,020,042	1,530,063	2,295,095
社会保険料 (円/年) [14]	健康保険 10.3%、 介護保険 1.73%、 子育て拠出金 0.34%	864,480	1,296,720	1,945,080
災害保険 (円/年) [16]	0.30%	21,379	32,069	48,103
交通費 (円/km) [17]		4.9	6.5	7.3

本研究の QALY は日本人の脳卒中患者の QOL 効用値を一般的な QOL 評価尺度で評価し、mRS ステージごとに分類した研究である Hattori ら（2012）のものを使用した（表 3-3） [12]。介護費と QALY は対象期間にわたって不変と仮定した。QALY の分析期間は介護費と同じ 3 年とした。

3-2-6 費用対効果の算出および統計的検定

前述の方法で重症度別の 1 人当たりコスト及び QALY を算出した後、2 つのシナリオの 100 試行分の重症度の分布と掛け合わせることで各シナリオの患者全体における獲得 QALY およびコストを算出し、前述の式 1 よりシナリオ間の増分費用および増分コストから各試行における ICER を算出した。その後、100 回分の試行における ICER が有意に 500 万円/QALY を下回っているかどうかを、t 検定を用いて検定した（使用ソフト R ver3.5.2）。

3-3 結果

3-3-1 治療効果に関する結果

各搬送時間帯における患者の 3 ヶ月後 mRS ステージの分布より、1 人あたりの医療費（診療報酬総額）、1 年間および 3 年間ごとの介護費用、QALY を表 3-4 に示す。得られる QALY の期待値は搬送時間が早いほど大きいという結果が得られた。1 人あたり医療費の期待値は 1,629,290 円と 120-180 分に搬送された患者で最も小さく、60 分以内の搬送患者で 1,633,880 円、60-120 分以内の搬送患者で 1,681,070 円、搬送に 180 分以上要した患者では 2,280,040 円であった。3 年間の介護費用を含めた費用の総額では、60 分以内の搬送患者で 3,750,335 円、60-120 分で 3,947,335 円、120-180 分で 4,029,648 円、180 分以上で 6,296,933 円であった。

表 3-4：搬送時間帯別の 1 人当たりコストおよび QALY の期待値

搬送時間	医療費 (円)	介護費用	介護費用	QALY	QALY
		(1年) (円)	(3年) (円)	(1年)	(3年)
60分以内	1,633,880	705,485	2,116,454	0.63	1.88
60-120分	1,681,070	755,422	2,266,265	0.61	1.83
120-180分	1,629,290	800,119	2,400,358	0.52	1.56
180分以上	2,280,040	1,338,931	4,016,792	0.34	1.02

3-3-2 患者搬送時間に関する結果

現状シナリオおよび 60 分シナリオにおける搬送時間帯別に搬送可能な患者の割合を表 3-5 に示す。北海道全体では現状で 87.2%が 1 時間以内に、97.2%が 2 時間以内に、98.8%が 3 時間以内に Hub 施設に搬送可能であり、60 分出張シナリオでは 91.1%が 1 時間以内に、97.9%が 2 時間以内に、99.2%が 3 時間以内に Hub 施設または Spoke 施設に搬送可能であった。現状シナリオで 3 時間以内に搬送可能な患者の割合が低いのは宗谷医療圏（18.5%）と留萌医療圏（83.6%）であるが、60 分出張シナリオではそれぞれ 28.4%と 99.0%まで増加することが示された。

表 3-5 搬送時間帯別の血管内治療適応可能性のある患者数割合

医療圏	現状シナリオ			60 分出張シナリオ		
	1 時間以内	2 時間以 内	3 時間以内	1 時間以内	2 時間以内	3 時間以内
北海道全体	87.2%	97.2%	98.8%	91.1%	97.9%	99.2%
南渡島	93.1%	99.6%	100%	94.1%	99.7%	100%
南檜山	24.5%	83.8%	90.0%	22.0%	80.7%	95.0%
北渡島檜山	22.0%	74.4%	96.3%	30.3%	90.2%	98.3%
札幌	100%	100%	100%	100%	100%	100%
後志	67.8%	99.7%	100%	79.0%	99.8%	100%
南空知	94.5%	99.8%	100%	99.0%	100%	100%
中空知	99.2%	100%	100%	100%	100%	100%
北空知	99.3%	100%	100%	96.8%	100%	100%
西胆振	94.7%	99.8%	100%	96.3%	100%	100%
東胆振	97.4%	100%	100%	97.9%	100%	100%
日高	14.6%	67.6%	100%	19.2%	69.5%	100%
上川中部	99.4%	99.9%	100%	99.9%	100%	100%
上川北部	32.6%	94.0%	97.8%	93.2%	97.8%	98.9%
富良野	25.7%	99.4%	100%	36.9%	100%	100%
留萌	3.1%	64.9%	83.6%	14.2%	79.0%	99.0%
宗谷	0.0%	9.0%	18.5%	0.9%	13.6%	28.4%
北網	69.3%	99.4%	100%	97.6%	100%	100%
遠紋	4.0%	87.7%	100%	4.8%	95.4%	100%
十勝	88.0%	99.7%	100%	95.4%	99.6%	100%
釧路	85.7%	100%	100%	1.7%	75.7%	100%
根室	0.8%	64.4%	96.8%	91.1%	97.9%	99.2%

3-3-3 患者発生数および出張回数に関する結果

統計ソフト R の乱数により発生させた患者の各試行における平均値を二次医療圏別に集計したものを図 3-3 に、各試行における出張血管内治療数の平均値を図 3-4 に示す。

出張回数の期待値が最も大きい患者所在二次医療圏は、北網医療圏で 13.0 回であり、上川北部（11.7 回）、留萌医療圏（4.6 回）、後志医療圏（4.5 回）、宗谷医療圏（4.2 回）が続いていた。合計出張回数の期待値は北海道全体で 50.3 回であった。

図 3-5 には各二次医療圏における患者発生数に占める出張治療数の割合（医師出張により治療効果の改善が見込める患者の割合）を示した。最も高いのは上川中部医療圏で 65.4% であり、留萌医療圏（34.6%）、宗谷医療圏（24.3%）、北網医療圏（20.7%）、根室医療圏（19.0%）、北渡島檜山（12.6%）が続いた。

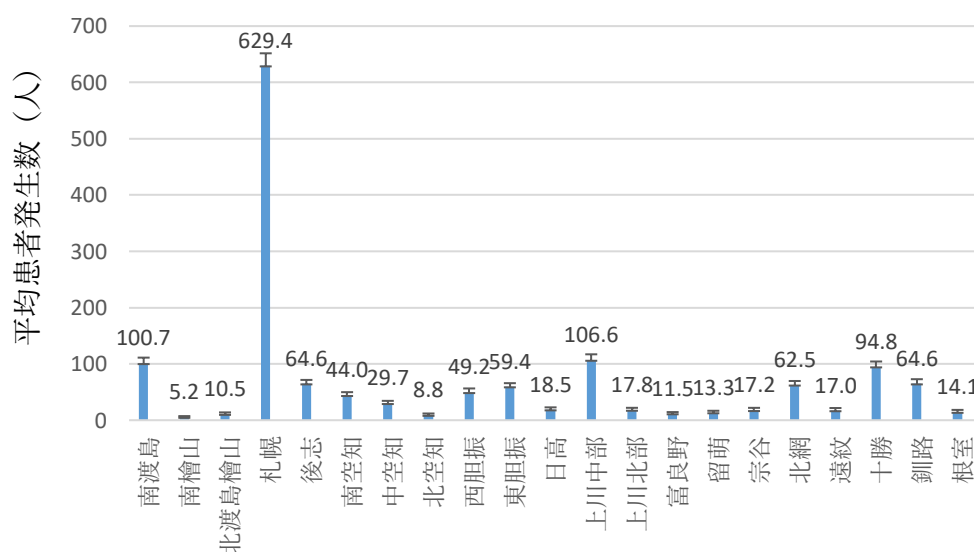


図 3-3：各試行における血管内治療適応患者数の平均人数（人）

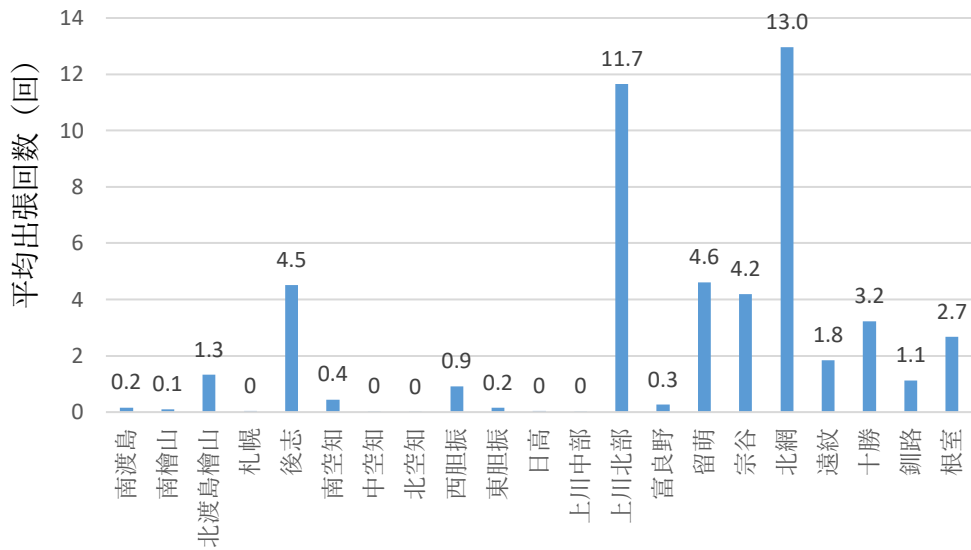


図 3-4：各試行における出張による血管内治療の二次医療圏別（患者所在地）の平均回数

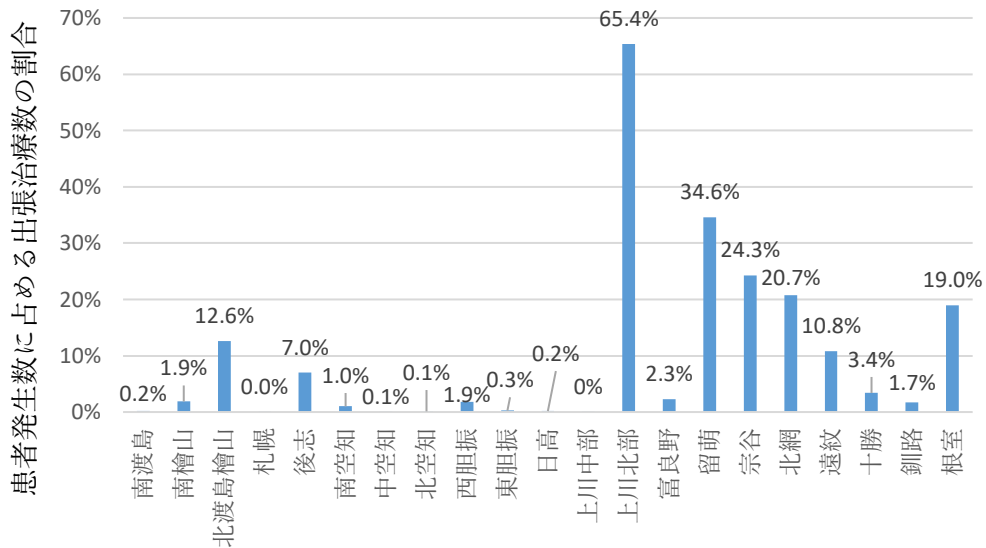


図 3-5：各二次医療圏における患者発生数に占める出張治療数の割合

表 3-6 には出張元-出張先の組み合わせ別の平均出張回数を示す。表 3-6 は縦が Hub 施設（出張元）、横が Spoke（出張先）となっており、出張元-出張先の二次医療圏のペアを記している。表 3-7 と図 3-6 には主要な Hub 施設、Spoke 施設、およびこれらの施設の出張の

組み合わせにより搬送時間短縮が見込める主要パターンのリストを示した。一番出張回数が多かった出張元医療圏は上川中部医療圏であり、旭川市の病院から 20.7 回の出張治療が見込まれた。旭川からの出張先の内訳としては上川北部医療圏が最も多く 11.6 回、宗谷医療圏の 4.2 回、留萌医療圏の 2.9 回、遠紋医療圏の 1.8 回が続いた。次に出張回数が多かった出張元医療圏は北網医療圏であり、北見赤十字病院から 15.4 回の出張治療が見込まれた。出張は同一医療圏内であり、北見赤十字病院から JA 網走厚生病院またはこが病院への出張であった。北見市から網走市の出張により、根室医療圏の患者においても年 2.3 例程度搬送時間短縮効果が見込まれることが示された。

上記以外の出張のパターンについて述べる。南渡島医療圏と東胆振医療圏では本分析の Spoke 病院となる病院が存在せず、ほとんど出張による搬送時間短縮効果は見込めないことが示された。中空知医療圏では砂川市立病院から滝川市内の病院への出張を行うことで、留萌医療圏の患者の治療開始時間を年間 1.7 例程度短縮できる可能性が示された。西胆振医療圏では室蘭市内の病院から伊達赤十字病院へと出張を行うことで、後志医療圏で平均 2.3 症例および北渡島檜山医療圏で 1.3 症例の治療開始時間を早めることができる可能性があることが示された。札幌医療圏からは大野記念病院から後志医療圏内小樽市の島田脳神経外科へと出張を行うことで後志医療圏の 2.3 例の治療開始時間を早めることができること、新さっぽろ脳神経外科病院から千歳豊友会病院へ出張を行うことで南空知医療圏の患者 0.7 症例の治療開始時間を早めることができることが示された。

表 3-6：出張元-出張先の組み合わせ別の平均出張回数（回）

	患者医療圏													全医療圏合計
	南渡島	南檜山	北渡島	檜山	札幌	後志	南空知	中空知	北空知	西胆振	東胆振	日高		
南渡島	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
札幌	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	
中空知	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
西胆振	0.2	0.1	1.3	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.9	0.1	0.0	0.0	
東胆振	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
上川中部	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
北網	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
十勝	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
釧路	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	患者医療圏													
	上川中部	上川北部	富良野	留萌	宗谷	北網	遠紋	十勝	釧路	根室				
南渡島	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
札幌	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	
中空知	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	
西胆振	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	
東胆振	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
上川中部	0.0	11.6	0.1	2.9	4.2	0.1	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.7	
北網	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.9	0.0	0.0	0.0	0.1	2.3	0.0	15.4	
十勝	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.1	0.0	0.0	0.0	3.3	
釧路	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.4	0.0	0.0	1.4	

表 3-7：Hub 施設, Spoke 施設、および出張治療が見込まれる患者二次医療圏の組み合わせ

出張元 Hub 施設	出張先 Spoke 施設	患者医療圏
孝仁会北海道大野記念病院（札幌）	島田脳神経外科（小樽（後志））	後志
製鉄記念室蘭病院（西胆振）	伊達赤十字病院（伊達（西胆振））	西胆振、後志、 北渡島檜山
旭川赤十字病院（上川中部）	士別市立病院（士別（上川北部））	上川北部、宗 谷、留萌、遠紋
北見赤十字病院	JA 網走厚生病院 または が病院（北網）	北網、根室

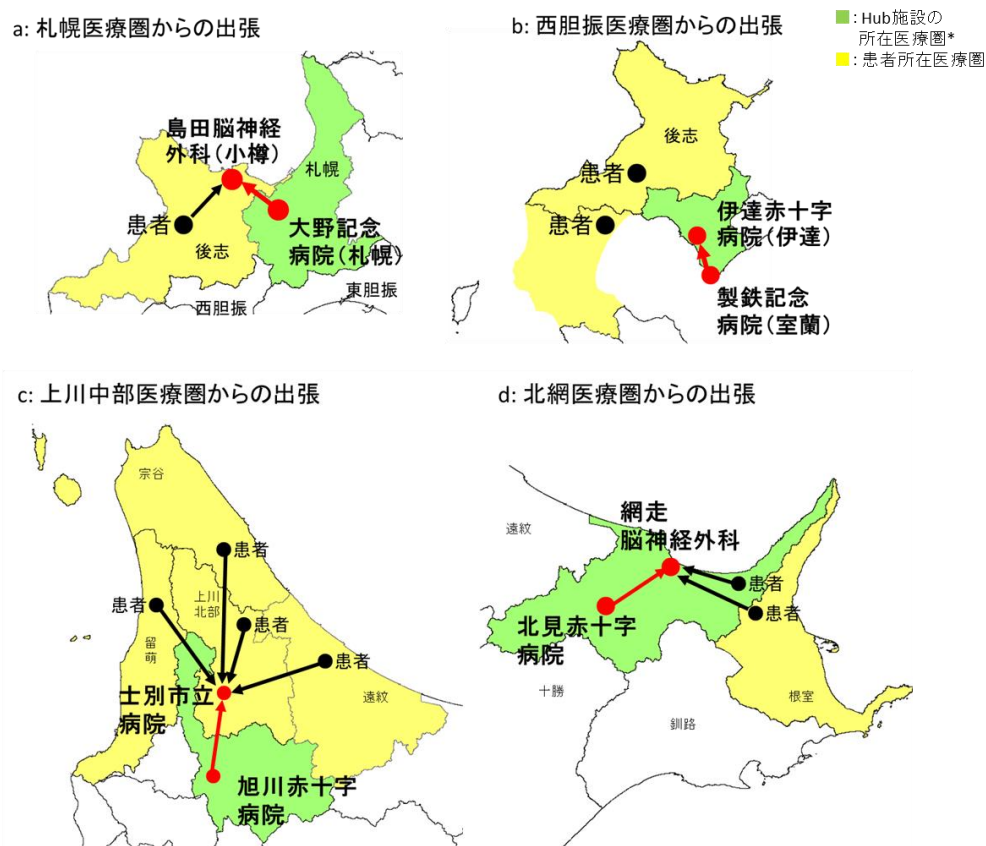


図 3-6：主要な出張パターンの出張元・出張先の組み合わせ

*Hub 施設の医療圏と患者所在医療圏が同一のケースも存在する

3-3-3 コストに関する結果

二次医療圏別の医療・介護費に関する結果を図 3-7 に示す。なお、図 3-7 での二次医療圏は「専門医の所在する二次医療圏」を表し、例えば上川中部での 11,944,391 円とは、「上川中部医療圏に出張での血管内治療を行う専任医師を雇用した場合、出張によって 11,944,391 円の医療・介護費削減効果が得られる」ことを意味する。医療・介護費の削減額は上川中部医療圏からの出張において最も大きく（11,944,391 円）、北網医療圏（4,050,720 円）、西胆振医療圏（1,074,628 円）が続いた。図 3-9 には医師の移動に要する費用を示した。二次医療圏間で 4-1,158 円であった。

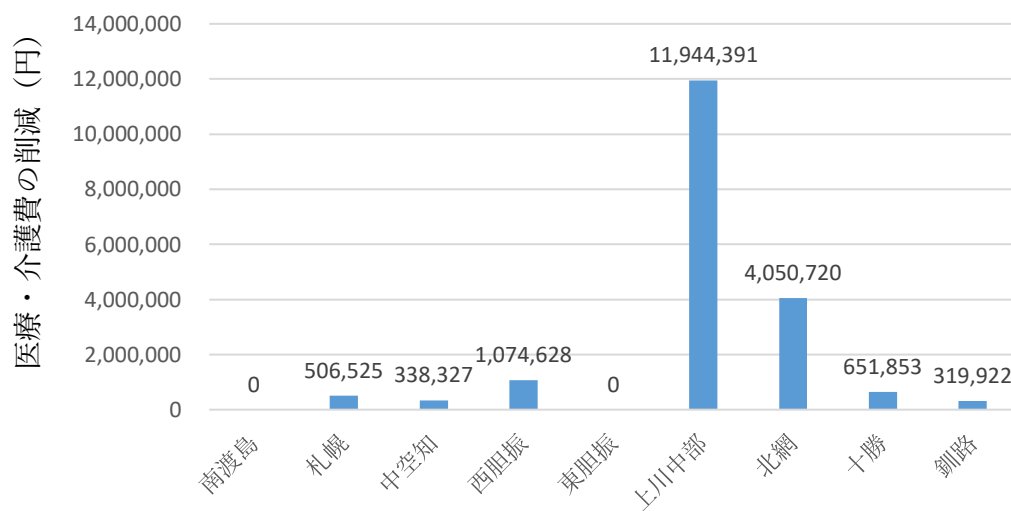


図 3-7：各二次医療圏（専門医の所在地ベース）における医療・介護費の削減額

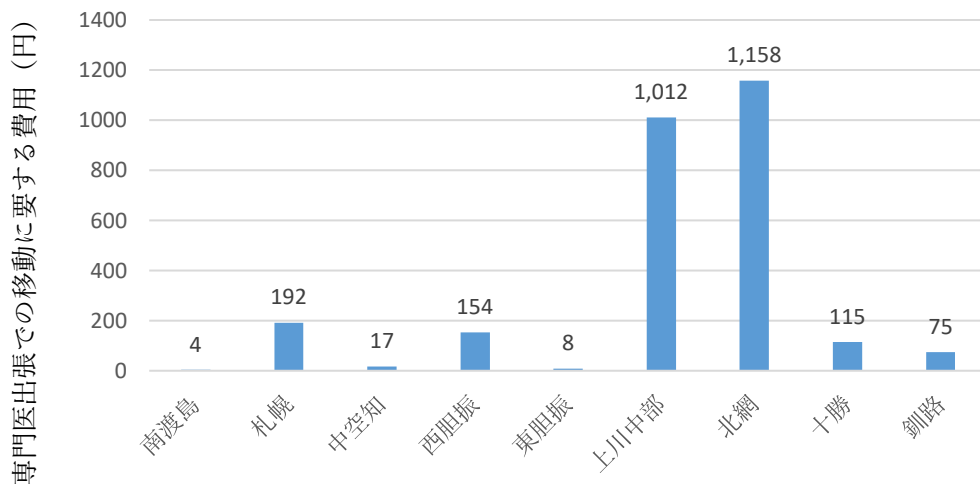


図 3-8：各二次医療圏（専門医の所在地ベース）における医師の移動に要する費用

3-3-4. QALYs に関する結果

図 3-9 には二次医療圏別の出張サービスによって得られる QALYs の期待値を示す。最も獲得 QALYs の期待値の大きかったのは上川中部医療圏からの出張の場合で 4.33QALYs、北網医療圏で 1.58QALYs、西胆振医療圏で 0.40QALY であった。

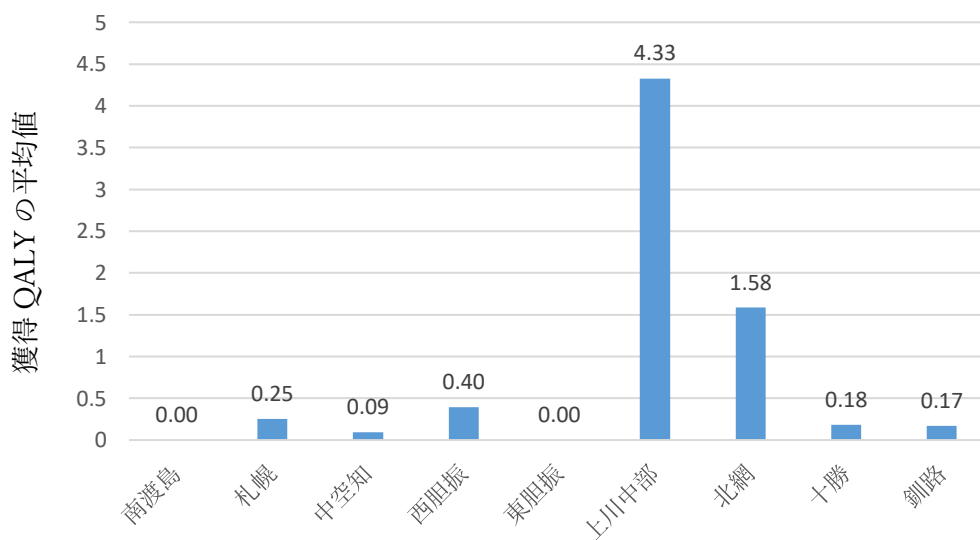


図 3-9：各二次医療圏における獲得 QALY の平均値

3-3-6 医師出張システム導入の費用対効果

二次医療圏別（専門医所在地ベース）の ICER（個別配置）を図 3-10 に示す。南渡島医療圏、東胆振医療圏、中空知医療圏においては医師出張システムが実施されない試行が存在するため ICER の平均値の算出が不可能であった。札幌医療圏に専任医師を雇用した場合の ICER は 100,710,162±84,772,054 円/QALY、西胆振医療圏では 58,936,053±56,524,706 円/QALY、上川中部医療圏では 1,305,562±1,715,429 円/QALY、北網医療圏では 9,335,986±5,339,541 円/QALY、十勝医療圏で 112,043,703±74,919,153 円/QALY、釧路医療圏で 149,358,679±110,297,936 円/QALY となり、上川中部医療圏に専門医を追加した場合に最も費用対効果に優れる結果となった。上川中部医療圏における ICER の平均値は 5,000,000 を有意に下回った。札幌医療圏からでは 100 試行中 6 回、中空知医療圏では 16 回、十勝医療圏では 2 回、釧路医療圏では 22 回で医師出張が発生しなく ICER の算出が不可能であるために ICER の平均値の算出が不可能であるため、上記及び図 3-10 中のこれらの 4 医療圏の ICER の値はあくまで参考値である。

図 3-11 は感度分析対象として医師の給与をベースケースの 3/2 倍、および 2/3 倍に変化させた場合の ICER の変化幅を表すトルネードチャートである。グラフの青字部分は医師の給与を低く設定した場合、赤字部分は高く設定した場合の変化幅を表す。元の ICER が高いほど感度分析による変動幅が大きい傾向であった。上川中部医療圏では医師給与を高く設定する場合においても ICER が有意に 5,000,000 円/QALY を下回った。北網医療圏では医師の給与を低く設定した場合に ICER の平均値が 5,000,000 円/QALY を下回ったものの、統計的な有意差は認められなかった。

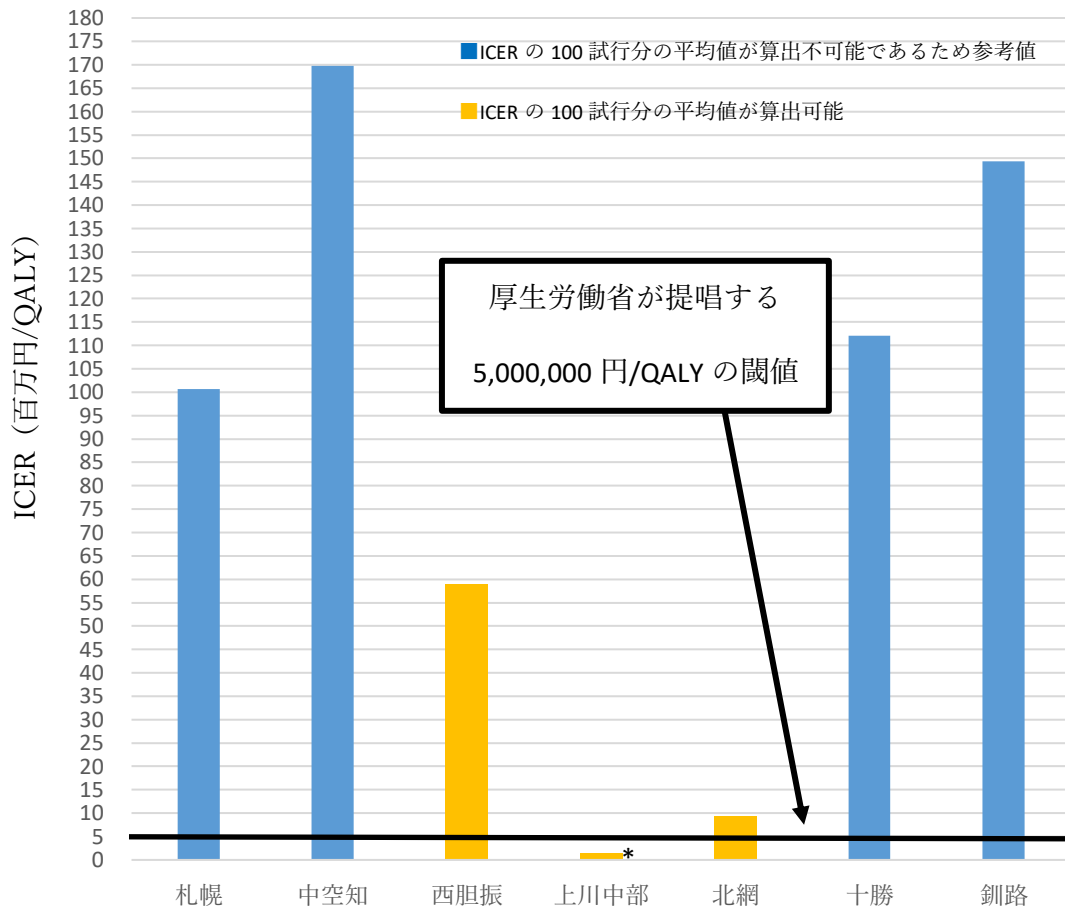


図 3-10：二次医療圏別（専門医所在地ベース）の ICER (*p<0.01)

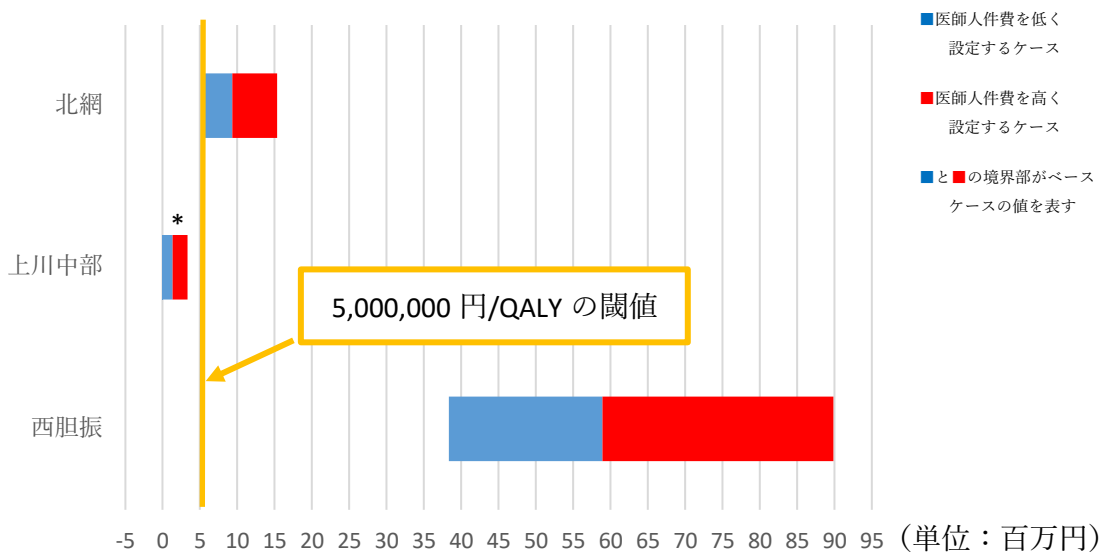


図 3-11：医師給与を変動させた場合の ICER の各二次医療圏における変動 (* $p < 0.01$)

3-4 考察

本研究では、北海道における公平かつ費用対効果に優れた急性期脳梗塞患者の治療提供体制の構築支援を目的に、地理情報システムを用いて北海道および北海道の各二次医療圏における医師出張システム導入の費用対効果の分析を行った。

まず、出張による血管内治療回数に関しては、上川北部医療圏、北網医療圏、宗谷医療圏、後志医療圏、留萌医療圏の順に多いことが示された(図 3-4)。北網医療圏は比較的面積の大きな医療圏である。北見市には Hub 病院が存在するものの、網走市には存在しない。そのため、同じ二次医療圏内でも 1 時間以内で搬送可能な患者もいれば、搬送に 2 時間以上を要する患者が存在するものと考えられる。本結果より現状では搬送に 3 時間以上を要する患者はいないものの、北見赤十字病院から網走市の病院に専門医の出張を行うことにより治療開始を早めることができることが示された。後志医療圏の患者に対しては、札幌市内の考仁会大野記念病院から小樽市内の病院へ出張を行うことで同様の効果が期待されることが示された。上川北部医療圏では旭川赤十字病院から士別市立病院へ出張を行うことにより搬送時間短縮が見込めるほか、現状では宗谷医療圏に近い北部で搬送に 3 時間以上を要する患者が存在するものの、専門医の出張により 3 時間以内での搬送が可能となることが示された。宗谷医療圏や留萌医療圏でも Hub 施設から 60 分の出張圏内に Spoke 施設が存在しないため、現状で 3 時間以内での治療施設

への搬送が困難である患者が存在するが、旭川との中間地点である市立士別病院に出張を行うことにより搬送時間短縮が見込まれることが示された。留萌、宗谷予測される血管内治療適応患者数に占める出張治療が見込まれる患者の割合が高いことが示された（図 3-6）。これらの医療圏では Hub 病院がなく、搬送に 3 時間以上要する患者が一定割合で存在する（表 3-5）。これらの医療圏は札幌、旭川等の都市圏と比較すると期待される患者数は少ないものの、専門医による出張が血管内治療へのアクセシビリティに重要な役割を果たす可能性が示された。

次に医療・介護費に関して、1 人あたりの医療・介護費は搬送時間が早いほど費用が少なく、その差は 3 時間以内に搬送された患者と、本研究で治療適応対象外とした搬送に時間のかかる患者で大きい結果となったが、この結果は早く治療するほど良好なアウトカムが得られるという血管内治療の性質に基づいた本研究の仮定に基づくものである。医療・介護費の短縮効果は専門医出張元の医療圏ベースでは上川中部医療圏、北網医療圏で大きいことが示された（図 3-8）。これらの医療圏では出張回数が多いことに加え、上川中部医療圏から士別市立病院（上川北部医療圏）に専門医が出張を行うことで宗谷医療圏、留萌医療圏、遠紋医療圏の現状で 3 時間以内に搬送できなかった患者に対し 3 時間以内に治療を開始することができるため、治療適応患者が増加したことにより大きな費用削減効果をもたらされたものと考えられる。

専門医の出張により得られる QALYs は、上川中部からの出張で最も大きく、次に北網医療圏で大きかった。本研究では QALY の推計を搬送時間により異なると仮定しており、前述の医療・介護費と同様の原因により得られた結果であると考えられる。

本研究では各二次医療圏に個別に専門医を追加した場合の費用対効果を算出した。ICER は上川中部医療圏のみで評価基準の 5,000,000 円/QALY を有意に下回り、医師の給与の不確実性を考慮し感度分析を行った場合の結果においても評価基準を下回っていた。したがって、上川中部医療圏に出張による血管内治療を行う専門医を追加配置することは費用対効果に優れることが示唆される。優れた費用対効果が示された原因との一つとしては、医師出張の実装においては人件費が固定費として計上されるが、固定費を回収するだけの出張回数が見込まれることが挙げられる。南渡島医療圏からの出張は平均して 1.4 回/年、中空知医療圏からの出張は 1.7 回/年であり、少ない回数では専門医を追加配置することの採算性が確保されないと考えられる。もう一つの理由としては、先述のように、旭川からの出張により留萌医療圏、宗谷医療圏、遠紋医療圏、上川北部医療圏での出張が見込まれるうえ、留萌医療圏、宗谷医療圏、遠紋医療圏においては現状で 3 時間以上治療施設への搬送に要し、血管内治療による有意な治療効果が期待できなかった患者への有効な血管内治療の適応可能性が高まることにより治療効果が見込

まれることが挙げられる。前章において医師出張が血管内治療へのアクセシビリティを改善することが示され、本結果からは上川中部医療圏での出張システムの実施に関しては費用対効果が優れることが示されたため、出張システムの実装に際しては上川中部医療圏は優先順位の高い地域であることが示された。

医師出張システムは既存の医療資源を用いて実装可能な医療提供体制であり、上川中部医療圏で優れた費用対効果が示されたが、宗谷医療圏、留萌医療圏では依然として3時間以内での治療施設への搬送が困難である患者が存在したという結果が得られた。北海道の二次医療圏には面積の広いものが多く、今後は90分の出張の場合など、出張範囲を拡大した計画・分析を行うことを検討することが望まれる。

北網医療圏に関しては、ICERが9,335,986円/QALYであり、感度分析でも医師の人件費の公的支出を少なく設定した場合にはICERの平均値は約5,000,000に近い値を示した。今回ICER算出試行までのプロセスを100回反復したが、ICERが評価基準を上回る場合、下回る場合のどちらも存在した。北網医療圏の中でも根室医療圏に近い南東部においては現状3時間以内での搬送が困難な患者が一定数存在する。北海道医療計画においては脳卒中患者に専門的治療を迅速に行う体制づくりの必要性、および、脳卒中治療は基本的には二次医療圏で完結すべきものであるが、地域の実情に応じて二次医療圏をまたいだ連携体制の構築が必要であるとされている[17]。北網医療圏での出張により根室医療圏の急性期脳梗塞患者が治療になることは根室医療圏における医療提供体制として重要であるうえに、これらの患者のアクセシビリティを改善することによる費用対効果は高い。1つの医療圏内で部分的に医師出張システムを導入する事も政策的選択肢としては考えられるため、詳細な分析を行い医師出張の必要性の高い地域・圏域に関するデータ提供を行うことが望まれる。

札幌医療圏や西胆振医療圏では専門医の追加配置に対する良好な費用対効果は認められなかったものの、札幌市-小樽市間や室蘭市-伊達市間での出張というように医師出張のニーズは存在することが示された。札幌市からの出張では後志医療圏、室蘭市からの出張では後志医療圏や北渡島檜山医療圏の患者の治療をより早く開始することが可能である。後志医療圏、北渡島檜山医療圏にはHub施設が存在しないため、医師出張システムは当該医療圏における脳梗塞治療アクセス向上には重要であるが、専門医を追加配置するほどの費用対効果を有していない。しかしながら、これらの医療圏には複数の血管内治療医が存在する（第二章「地理情報システムを用いた北海道における脳梗塞患者治療のための医師出張システム導入が患者アクセシビリティに及ぼす影響のシミュレーション」表2-3）。医師出張での血管内治療に対するニーズ

がある以上、公平な治療アクセシビリティの実現のため、既存の専門医による出張システムの構築可能性について検討していくことが望まれる。

第二章の結果では、留萌医療圏では 90 分圏内の医師出張を行うことにより 60 分圏内の出張よりも更にアクセシビリティ改善効果が認められた。90 分出張での出張先は留萌市立病院であり、出張元は中空知医療圏の砂川市立病院であった。したがって、留萌医療圏に関して今後 90 分圏内の出張に対する費用対効果の分析を行った上で、当該医療圏では 90 分圏内の出張を行うことが望ましいかなど、留萌医療圏のアクセシビリティの実状に合わせた検討を進めていく必要があると考えられる。今回は「最寄り施設の検索」機能の性質上、留萌市立病院の最寄り施設（出張元施設）として砂川市立病院が選択されたが、旭川市内の病院からも 90 分以内での出張が可能である。したがって、本結果より優れた費用対効果が示されている上川中部医療圏の医師により留萌医療圏をカバーするスキームも有効であろう。

本研究では、北海道における公平かつ費用対効果に優れた急性期脳梗塞患者の治療提供体制の構築支援を目的に、地理情報システムを用いて北海道および北海道の各二次医療圏における医師出張システム導入の費用対効果の分析を行った。費用の分析には医療・介護費のみでなく医師人件費等の必要性が見込まれる公的支出を含め、ICER 算出の過程を Python を用いて 100 回反復することで患者分布の不確実性を考慮し、より政策実装に近い形でのシミュレーションを試みた。しかしながら、本研究の限界として、入手可能なデータに限りがあることから、費用および QALY の分析期間を 3 年と一定にしたあることが挙げられる。血管内治療による患者の軽症化を通じた介護費用低減効果は生涯に及ぶと考えられるため、生涯期間の分析が可能になればより多くの QALY が推計されることが考えられる。QALY を一定としたことに関して、本研究は個人の死亡など状態変化を考慮していないが、そのような影響は出張サービスがある場合とない場合に等しく及ぶと考えられるため、この過程が QALY 増分の傾向に大きな影響を与えらることは考えにくい。次に、本分析は費用対効果分析ガイドラインのスタンダードに準じ、公的視点での費用分析を行っている。山我らは脳卒中の後遺症による機会損失が大きいことから、機会損失も含めて脳卒中の Cost of Illness を算出している[9]。今後は機会損失も含めた社会的視点での分析を行うことで、政策意思決定上より有用な知見が提供可能になると考えられる。最後に本研究における費用の推計は重症度に応じて異なると仮定されている。この仮定は一定の妥当性を有すると考えられるが、脳梗塞の治療間の医療費の違いを考慮していない。脳梗塞の治療間の医療費の違いは重症度による違いに比べ割合は小さいと考えられるが、今後は重症度と治療行為が紐づいた DPC データの多施設のものが利用可能となれば、血管内治療の実施率の推計結果に基づいたより実態を反映した分析が可能であろう。

3-5 結論

本研究では、北海道におけるアクセシビリティと費用対効果に優れた急性期脳梗塞患者の治療提供体制の構築支援を目的に、地理情報システムを用いて北海道および北海道の各二次医療圏における医師出張システム導入の費用対効果の分析を行った。その結果、出張回数が多く見込まれ、最も大きな医療・介護費削減効果や獲得 QALY が期待されるのは上川中部医療圏、北網医療圏であり、上川中部医療圏からは宗谷医療圏、留萌医療圏、遠紋医療圏、上川中部医療圏医療圏への出張が見込まれ、北網医療圏では同一医療圏内の出張や根室医療圏への出張が見込まれた。ICER が評価基準の 5,000,000 円/QALY を下回ったのは上川中部医療圏に専門医を追加配置する場合のみであり (1,305,562±1,715,429/QALY)、上川中部医療圏に出張による血管内治療を行う専門医を追加配置する事に対する良好な費用対効果が示された。以上の結果より、医師出張システムを優先的に行うべき地域は上川中部医療圏であると考えられる。

参考文献

1. Yasuhiro Morii, Toshiya Osanai, Tomoki Ishikawa, Kensuke Fujiwara, Takumi Tanikawa, Eiichi Kobayashi, Katsuhiko Ogasawara. A Cost-effectiveness Simulation of Specialist Dispatching System in Japan for Treatments of Patients with Acute Ischemic Stroke Using Geographic Information System. Medinfo 2019.
2. 日本脳卒中学会. 脳卒中治療ガイドライン 2015.
3. 厚生労働省. 平成 29 年度 介護給付実態調査の概況. (URL: <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kaigo/kyufu/17/index.html>) (Accessed on December 6, 2019)
4. 福田敬他.“中央社会保険医療協議会における費用対効果評価の分析ガイドライン” 2015
5. 北海道. 北海道医療計画〔改訂版〕. 2018
6. National Institute of Health and Care Excellence. The guideline manual. 7 Assessing cost effectiveness. Available at <https://www.nice.org.uk/process/pmg6/chapter/assessing-cost-effectiveness> (Accessed October 17, 2018)
7. Naoyuki Takashima, Hisatomi Arima, Yoshikuni Kita, Takako Fujii, Naomi Miyamatsu, Masaru Komori. Incidence, Management and Short-Term Outcome of Stroke in a General Population of 1.4 Million Japanese. Circulation Journal 2017; 81 (11): 1636-1646.
8. van Swieten J, Koudstaal P, Visser M, Schouten H, et al. "Interobserver agreement for the assessment of handicap in stroke patients". Stroke 1988; **19** (5): 604–607.
9. Goyal M, Menon BK, van Zwam WH, et al. Endovascular thrombectomy after large-vessel ischaemic stroke. Lancet. 2016; 387(10029):1723-1731
10. 小林祥泰（編）. 脳卒中データバンク 2015. 中山書店.
11. 山我美佳、池田俊也 脳血管疾患のCost of Illness（医療・社会的資源）. 国際医療福祉大学学会誌. 2016; 21(1) 82-92.
12. Hattori N, Hirayama T, Katayama Y. Medical Care for Chronic-Phase Stroke in Japan. 2012, 52: 175-180.
13. 厚生労働省 平成 30 年度 賃金構造基本統計調査. (URL: <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00450091&tstat=000001011429>) (Accessed on December 6, 2019)

14. 日本年金機構. 保険料額表（平成 26 年 9 月分～）（厚生年金保険と協会けんぽ管掌の健康保険）.（URL: <https://www.nenkin.go.jp/service/kounen/hokenryo-gaku/gakuhyo/20140808.html>） Accessed on December 6, 2019)
15. 厚生労働省. 雇用保険率について平成 31 年度の雇用保険料率.（URL: <https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000108634.html>）（Accessed on December 6, 2019)
16. 厚生労働省. 労災保険制度 労災保険率表 平成 30 年度.（URL: <https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/rousaihoken.html>）（Accessed on December 6, 2019)
17. 経済産業省 資源エネルギー庁. 石油製品価格調査.（URL: https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum_and_lpgas/pl007/results.html）

第四章：急性期脳卒中患者に対する週7日リハビリテーション提供の費用対効果のシミュレーション

4-1 背景

4-1-1 急性期脳卒中患者に対するリハビリテーションの重要性

障害が生存期間全体に及ぶ可能性のある脳卒中の治療においては、患者の日常生活動作 (Activity of Daily Life: ADL) を回復することが極めて重要である。脳卒中発症から半年間は麻痺側の身体機能の回復可能性があることに加えて、急性期においては、不動による深部静脈血栓症のリスク管理や、廃用症候群による麻痺側のみでなくその後の生活にとって重要な非麻痺側も含めて廃用性筋萎縮を防止するため、脳卒中後のリハビリテーションが重要であるとされている[1-4]。発症からリハビリテーション開始までの時間が長いほど廃用性筋萎縮が進行する報告や[5]、早期離床による合併症の予防可能性が報告されている[6]。脳卒中治療ガイドライン[1]においては、“不動・廃用症候群を予防し、早期の日常生活動作 (ADL) 向上と社会復帰を図るために、十分なリスク管理のもとにできるだけ発症後早期から積極的なリハビリテーションを行うことが強く勧められる (グレード A)。その内容には、早期座位・立位、装具を用いた早期歩行訓練、接触・嚥下訓練、セルフケア訓練などが含まれる。”とされており、脳卒中患者に対するリハビリテーションの重要性は広く認識されている。

4-1-2 急性期脳卒中患者に対するリハビリテーション実施頻度と治療効果

急性期脳梗塞患者に対するリハビリテーションの時間の長短や頻度に関しては様々な議論が行われている (ガイドライン)。時間の長短に関しては、Lauro [7]や Kwakkel [8]らによる報告が存在するもののコンセンサスは得られていない。その一方で頻度に関しては日本国内において、脳卒中ユニット内、つまり急性期でリハビリテーション実施日数が多いほど良好な患者転帰が改善することが報告されている[9]。急性期全体に関しては、Kinoshita ら (2017) が日本の厚労科研研究によって 2012 年に設立されたデータベースである The Japan Rehabilitation Database の 3,072 例を対象に、週7日のリハビリを受けた症例群と週5日あるいは6日のリハビリを受けた症例群の比較を行い、週7日のリハビリを受けた群では退院時の modified rankin scale (以下 mRS) stage012 の割合が有意に高いことを報告した[10]。週7日のリハビリ提供体制を構築することで、脳卒中患者の治療効果に一定の改善が期待されるため、脳卒中患者の治

療を行う機関に週7日のリハビリテーションを普及させることは治療アウトカムの改善の観点から望ましいと考えられる。

第三章「地理情報システムを用いた北海道における脳梗塞患者治療のための医師出張システム導入の費用対効果のシミュレーション背景 3-1-2 医師出張システムの費用対効果検討の重要性」では重症の脳卒中患者は生涯にわたって後遺症の影響を受ける可能性があり、重症患者ほど高額な医療費を要し、介護費も同様の傾向が認められることについて述べた。したがって、週7日のリハビリを受けた群では退院時の modified rankin scale (以下 mRS) stage が有意に改善することが報告されているため、患者の介護費の低減につながる可能性が考えられる。その一方で、週7日リハビリの導入によりリハビリテーション頻度の増加による医療費の増大も考えられる。第一章「序論 1-1-2 医療における費用対効果分析の必要性とこれまでの経緯」では医療分野における費用対効果分析について述べた。脳卒中が社会に及ぼす経済的影響が大きいことが示されており[11]、脳卒中治療に関して費用対効果分析を行っていくことが望まれる。

4-1-4 費用対効果分析のためのモデリング手法

医療技術の費用対効果分析における主要なモデリング手法には決定木分析やマルコフモデルによる分析が挙げられる。決定木分析は費用対効果分析を行う際の最も基本的な手法であり、その概念図は図4-1に示すとおりである[12]。図4-1はある疾患の患者Aが治療における意思決定をする際の決定木を作成したものである。その疾患は手術をすれば99%が治癒するものの、手術が失敗することによる死亡確率が1%である。手術をしない場合でも多くの場合は良性のまま推移し、80%は良性だが20%は悪性であり、手術しなければ手遅れとなり、死亡する上多くのコストが発生する。決定木分析は治療選択肢ごとの期待値を算出するものであり、図4-1はコストの観点で手術を受ける場合と受けない場合のコストの期待値を算出したものである。この図からは手術を受ける場合のコストの期待値303万円が受けない場合の期待値100万円よりも高いことがわかる。このようなモデリングと期待値の算出を治療効果に対しても行い、費用と治療効果を基に費用対効果の分析を行う。決定分析を行う利点として、比較的容易に選択肢を明示できることがある反面で、現実の複雑さなどが反映できないという難点を有する[12]。

マルコフモデルは病気の状態などとして定義される遷移状態間を、患者が一定の遷移確率に沿って定義されたマルコフサイクルで移動させるシミュレーション手法である。図4-2に仮想的なマルコフモデルの概念図を示す。この例では遷移状態として状態A、状態B、死亡の3つ

を設定した。患者は一定のマルコフサイクル（例：1ヶ月など）で状態間を移動し、各状態における QALY やコストを設定することで、QALY やコストの期間別の期待値を算出することができる。決定木分析と比較したマルコフモデルの利点として、決定木分析には時間の経過の情報は含まれない一方で、マルコフモデルでは時間の経過と費用対効果の関係の把握が可能であることが挙げられる。したがって、マルコフモデルは時間と共に徐々に症状等が変化する慢性疾患に適していると考えられており[12]、慢性疾患の状態遷移のシミュレーションなど様々な研究に用いられている[13,14]。脳卒中に関しても様々な文献においてマルコフモデルが応用されており[15,16]、症状の変化が比較的緩徐な脳梗塞の慢性期における分析にも適していると考えられる。

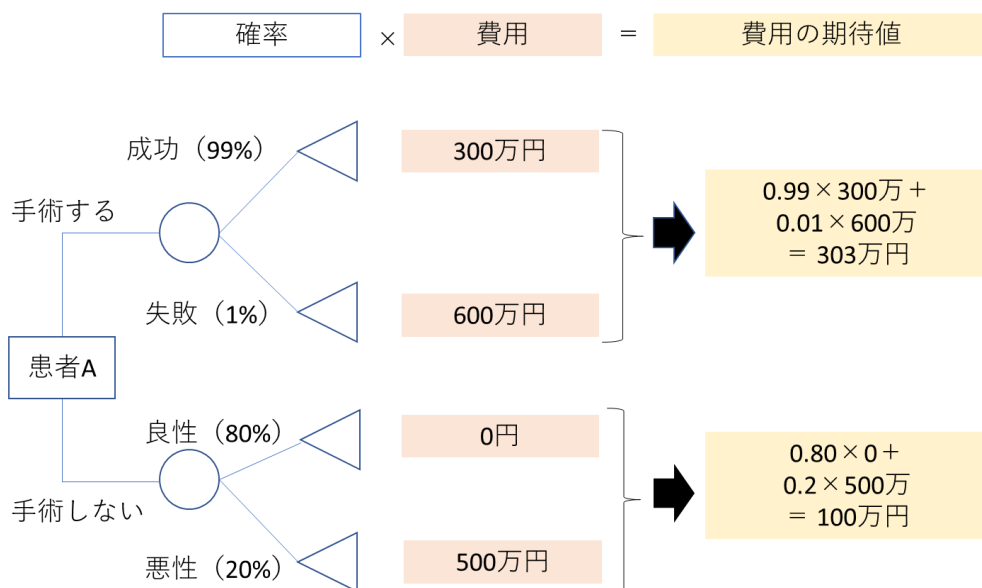


図 4-1 決定木分析の概念図の例 ([12]を基に作成)

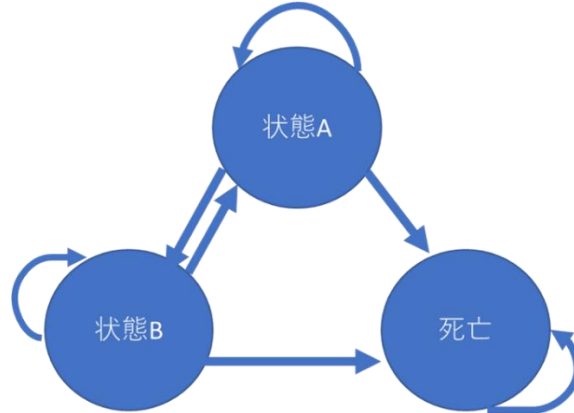


図 4-2 マルコフモデルの概念図の例

4-1-3 本研究の目的

本研究では費用対効果に優れた脳卒中リハビリテーション提供体制構築支援を目的に、マルコフモデルのシミュレーションによる週7日リハビリテーション提供導入の費用対効果の分析を行う。

4-2 方法

4-2-1 対象とアウトカム

本研究の対象は週5回、および週7回リハビリテーションの提供を受けるmRS345の急性期脳卒中患者とし（それぞれ週5-6日群、週7日群）、対象期間は発症から5年とした。患者はシミュレーションによって仮想的に1000人ずつを発生させた。本研究のスキームを図4-1に示す。日本においては、患者は発症後急性期病院に入院し、その後回復期病院へと転院するのが一般的である。したがって、週7群は発症後急性期病院において週7日、週5-6群は週5回リハビリテーションを受け、その後回復期リハビリテーションを受けることとした。診療報酬の初期加算の算定日数に準じて急性期病院の入院期間は30日間 [15]、また日本における脳卒中の平均入院期間が約90日であることから回復期病院での入院期間は発症から90日時点までとした [16]。両群では急性期のリハビリテーション頻度が異なるが、回復期における医療サービスは異ならな

いともものとした。回復期病院からの退院後は後述する確率に応じて介護サービスを受けることとした。医療費や介護費、および患者アウトカムの推計方法は後述する。

本研究のthe primary outcomeは費用対効果において最も一般的でイギリスのNational Institute of Health and Care Excellence (NICE) など世界各国で用いられており[17]、日本の費用対効果分析ガイドライン [18]において推奨されている増分費用対効果 (Incremental Cost-Effectiveness Ratio: ICER) を用いた。ICERは式1で表され、新治療の導入時に対照治療と比較して治療アウトカム1単位の増加に必要なコストとして定義される。本研究では週7日群と週5or6日群を比較対象として費用対効果の分析を行った (図4-1)。治療アウトカムの指標には質調整生存年 (Quality Adjusted Life Years:QALY) を設定し、コスト分析は急性期の医療費および4-60か月における介護費を含めた。ICERの評価基準は、厚生労働省 (2017) が提唱する費用対効果表記閾値である1QALYあたり500万円目安とし [19]、ICERの95%信頼区間が閾値を下回る時系列上の点を算出した。日本の医療制度においては医療費・介護費は医療行為や薬剤に対して公定価格として定められている。患者負担は原則3割、75歳以上で1割、生活保護受給者は負担なしというように条件により異なるが、国全体では2015年時点において11.6%である [22]。残りの88%程度は国の一般財源や保険者により負担される。つまり、日本における医療費は公的な財源の負担が大きく、費用対効果分析ガイドラインでは公的視点で分析を行うことが推奨されている[18]。したがって本研究の分析視点は公的視点とし、公定価格ベースでの費用分析を行う。価格は2018年時点のものを使用し、割引率は年率2%とした[20]。

$$ICER = \frac{\text{週7日リハビリを行うシナリオでのコスト} - \text{週5 or 6回リハビリを行うしなりのコスト}}{\text{週7日リハビリを行うシナリオでのQALY} - \text{週5 or 6回リハビリを行うしなりのQALY}}$$

...式1

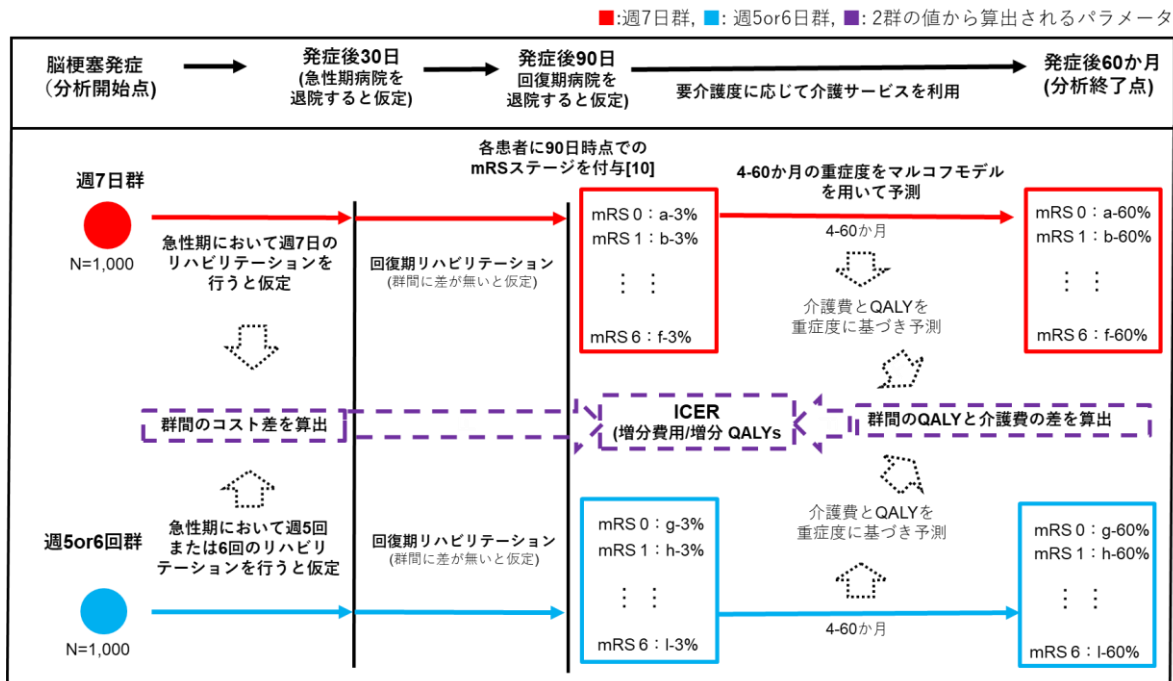


図 4-1：本研究のスキーム

4-2-2 マルコフモデルを用いた患者重症度の推計

最初に2群それぞれの患者について発症3か月時点の患者の重症度分布を推計する。3か月時点の重症度は、3,072例を対象としたThe Japan Rehabilitation Databaseを用いたKinoshitaらのmRSステージベースでの患者重症度に基づくものとした(表4-1) [10]。治療アウトカムには一定の不確実性が存在すると考えられるため、週7回リハビリテーションによる治療効果の改善が1%上下するシナリオを設定し (optimistic scenario and conservative scenario, respectively)、感度分析の対象とした(表4-1)。発症4-60か月の重症度の推移に関してHealth Quality Ontarioが作成した脳卒中患者の状態推移のマルコフモデルに準拠することと仮定した[22] (図4-1)。本研究で用いたマルコフモデルのスキームを図4-2に示す。遷移状態としては広く用いられているmRS0-2 (軽症)、mRS3-5 (重症)、mRS6 (死亡) の3つを定義した。仮想患者は1か月ごとに状態改善、悪化、死亡などを通して他の状態あるいは同じ状態に遷移すると仮定した。各月における状態間の遷移確率はHealth Quality Ontarioによる先行研究のものを用いた[22] (表2)。マルコフモデルによるシミュレーションはR ver 3.5.2を用いて行った。本モデルにより患者が重症度により3つ状態に分類されたが、軽症あるいは重症の中でも変動が考えられ、mRS stageをさら

に細分化することが望まれる。Hattoriらの研究における各mRS stageの患者分布に基づき [23]、各遷移状態の患者をさらに細かくステージ別に割り付けした（mRS0:1:2 =47:46:61, mRS3:4:5=66:65:45）。3か月時点での重症度の初期値、およびマルコフモデルの遷移確率は固定値ではなく、前述した確率に準じて仮想患者1人1人がランダムに振り分けられると仮定した。また、それぞれのプロセスを1,000回繰り返した。費用対効果の分析に用いられる医療費、介護費、QALYは重症度をベースに算出される（図4-1）。推計した重症度、費用から2つの群の増分費用と増分QALYを算出し、最終的にはICERを計算し費用対効果を推計した。

表4-1: 重症度の初期値となる発症後3か月後のmRSステージ分布（シナリオ別） [10]

シナリオ	mRS0-2 (%)	mRS3-5(%)	mRS6(%)
base scenario	43.3	54.5	2.2
optimistic scenario	44.3	53.5	2.2
conservative scenario	42.3	55.5	2.2

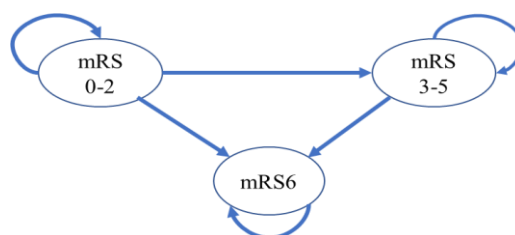


図4-2: マルコフモデルのスキーム

表4-2: マルコフモデルで用いた遷移確率([20]を参考に作成)

遷移状態	遷移確率
mRS012 to mRS345	
4-6months	0.0321
7-12months	0.022
13-24months	0.0134
25-36months	0.011
37-48months	0.0093
49-60months	0.0077
mRS345 to mRS012	
4-6months	0.0372
7-12months	0.0156
13-60months	0
mRS012 to mRS6	
4-12months	0.008
13-24months	0.0034
25-36months	0.0039
37-48months	0.0043
49-60months	0.0047
mRS345 to mRS6	
4-12months	0.0229
13-24months	0.0096
25-36months	0.0108
37-48months	0.0122
49-60months	0.0131

4-2-3 医療費、介護費、及び治療効果の推計

2群の医療費の行うにあたり、本研究で患者重症度の初期値を引用したKinoshitaら（2017）の研究においては2群で入院期間やrt-PAなどの治療の実施率に有意な差は存在しなかったと報告している[10]。したがって、医療費の差はリハビリテーション日数、つまり回数のみ起因するものとした。また、日本の診療報酬において急性期患者への初期可算の算定期間に準じ、

両群患者の入院日数が30日であること [19]、発症の翌日からリハビリテーションを開始すること、2群の間では回復期以降のリハビリテーション内容に差がないことを仮定した。30日間のうちのリハビリテーション実施日数は、発症時の曜日に影響を受けるため、各患者の脳卒中発症曜日は乱数を用いてランダムに決定した。日本の診療報酬体系におけるリハビリテーションの提供は20分を1単位として行われる。本分析で用いる患者1人1日当たりのコスト、およびリハビリテーション1単位あたりの公定価格に関する情報を表4-3に示した。Kinoshitaら (2017) の結果 (週7日群において4.3単位) に準じて、1日に実施するリハビリテーション単位数を4.3単位 (base scenario) 、および3-6単位をランダムに発生する2つの場合を設定した [10]。リハビリテーションの公定価格は2,450円/単位である。脳卒中の急性増悪後30日以内は1単位につき、早期リハビリテーションとして加算300円/単位が付与される。さらに、リハビリテーション科の常勤の医師が1名以上配置されている施設においては急性増悪から0-14日の期間で初期加算として450円/単位が加算される (表4-4)。本研究では、これらの加算がある場合を基本シナリオ (base scenario) とし、加算有無の両方について医療費の増分の分析を行った。

表4-4：本研究で設定したリハビリテーション実施単位数と
日本における単位当たりのリハビリテーション公定価格

脳血管疾患 リハビリテーションの 費用 (円 / 単位) [17]	本研究で設定した 1 日 あたりのリハビリテ ーション単位数[10]	要件を満たした場合に請求可能 な(1)早期リハビリテーション加 算 および(2)初期加算[17]
2450 円	4.3 単位/日 もしくは 3- 6 単位/日でランダムに 付与	(1)発症後 0-14 日：750 円/単位* (2)発症後 15-30 日：300 円/単 位*

*1単位あたりの脳血管疾患リハビリテーション費用に加算される

介護費は医療費と同様、重症度により異なると仮定した。日本の介護保険制度において患者は重症度、つまり介護サービスの必要度に応じて要支援 1,2 および要介護 1-5 に分けられる [22]。要介護は要支援よりも重症であり、数字が大きいほど重症であり介護給付額が高い。介護サービスは要介護度に応じて提供されるため、前章にて推計した mRS ベースの重症度を先行研究

の方法に準じて介護必要度に変換した[11] (Table 4)。(前章：地理情報システムを用いた北海道における脳梗塞患者治療のための医師出張システム導入の費用対効果のシミュレーション表 3-2)

医療・介護費と同様、本シミュレーションでは患者重症度により患者QOL効用値が異なる事とした。各mRSステージの患者に割り付けする効用値はHattoriらの研究結果に準じた[23]。QALYの効用値はTable 5の平均値と標準偏差の下で正規分布にしたがってランダムに発生するものとし、R ver 3.5.2を用いて1,000回繰り返した。

4-3 結果

4-3-1 医療費及び介護費の推計結果

増分医療・介護費は早期リハビリテーション加算と初期加算を含めた場合は1日あたりの実施単位数が4.3単位の場合はそれぞれ109,103,120±277,405円、含めない場合は90,305,325±247,143円であった。単位数をランダムに発生させた場合は初期加算の有無でそれぞれ114,462,465±713,608円および94,758,689±620,338円であった。発症から60か月時点における週5群と比較した増分介護費用はbase scenarioで-33,074,043±26,395,521円、optimistic scenarioで-7,522,190±26,419,956円、そしてconservative scenarioで-21,578,271±25,773,908円であった。医療・介護費を総合した場合、発症から60か月時点における増分費用はbase scenarioで76,029,076±26,407,337円、optimistic scenarioで61,580,929±26,431,824円、そしてconservative scenarioで87,524,849±25,781,542円であった(単位数=4.3)。発症4-60か月における各シナリオでの増分費用の推移を図4-3に示す。増分医療・介護費が最小になるのはbase scenarioで発症から35か月時点、optimistic scenarioで42か月時点、そしてconservative scenarioで33か月時点であり、その後は上昇に転じた。

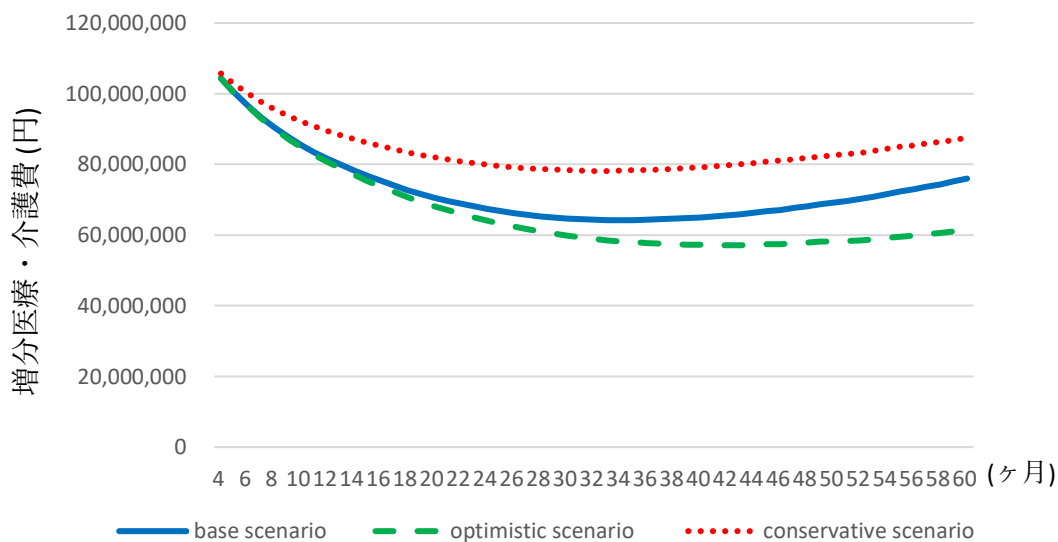


図 4-3: 各シナリオにおける発症後の増分医療・介護費の推移

4-3-2 治療効果の推計結果

週 5 回群との差で表される増分 QALY は、発症から 60 か月時点において base scenario で 82.84 ± 0.22 、optimistic scenario で 92.27 ± 1.09 、そして conservative scenario で 72.13 ± 0.21 であった。発症 4-60 か月における各シナリオでの増分 QALY の推移を図 4-4 に示す。

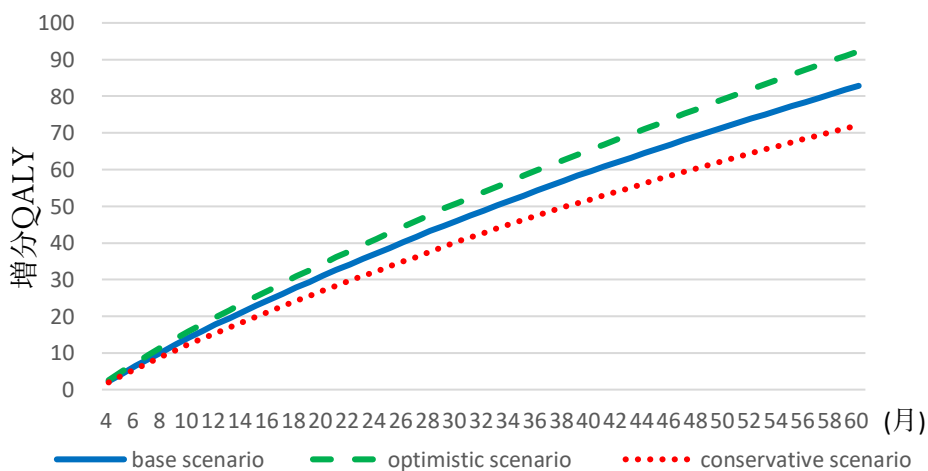


図4-4: 各シナリオにおける増分QALYの推移

4-3-3 費用対効果の推計結果

初期加算の有無別の、単位数別の ICER を表 4-5、表 4-6 に示した。発症から 60 か月時点における医療費のみを含めた場合の ICER は（加算あり・4.3 単位）、base scenario で 1,317,082±4,815 円/QALY、optimistic scenario で 1,182,627±14,344 円/QALY、conservative scenario で、1,512,594±5,795 円/QALY であった。

医療費と介護費を含めた場合、発症から 60 か月時点における ICER は（加算あり・4.3 単位）、単位数 4.3 で加算ありの場合、base scenario で 917,838±318,850、optimistic scenario で 667,542±725,633、そして conservative scenario で 1,204,781±354,694 であった。Base scenario において、シナリオ別の発症からの各月における ICER を図 4-5 に示す。医療・介護費を含めた場合の ICER が 5,000,000 円/QALY を有意に下回るのは、base scenario で発症から 15 か月時点、optimistic scenario で 14 か月時点、そして conservative scenario で 17 か月時点であった。

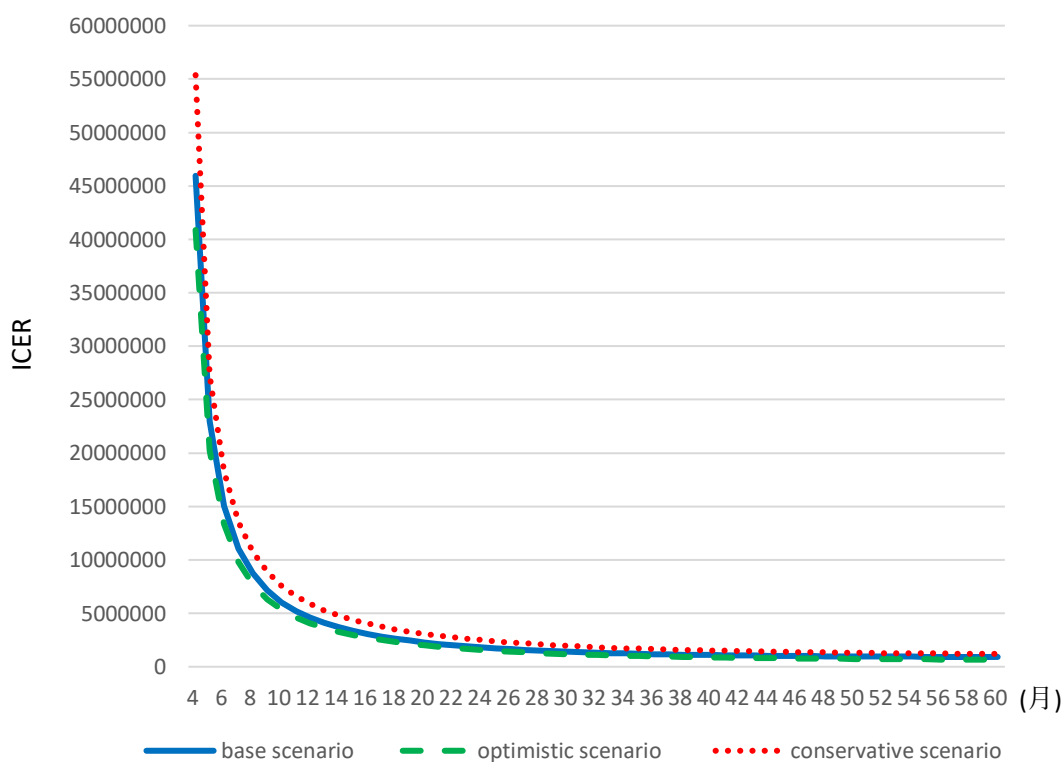


図4-5: 各シナリオにおけるICERの推移

表4-5: 介護費を含めない場合のシナリオ別の推計ICER (円/QALY)

	Base scenario	Optimistic scenario	Conservative scenario
介護費を含めない場合の ICER			
加算有り			
4.3 units (±SD)	1,317,082±4,815	1,182,627±14,344	1,512,594±5,795
3-6 units (±SD)	1,381,779±9,332	1,240,718 ±16,465	1,586,895±10,913
加算なし			
4.3 units (±SD)	1,090,157±4,131	978,868±11,920	1,251,983±4,956
3-6 units (±SD)	1,143,917±8,052	1,027,138 ±13,783	1,313,724±9,403

表4-6: 介護費を含める場合のシナリオ別の推計ICER (円/QALY)

	Base scenario	Optimistic scenario	Conservative scenario
介護費を含めた場合の ICER			
加算有り			
4.3 単位 (±SD)	917,838±318,850	667,542±286,869	1,204,781±354,694
3-6 単位 (±SD)	972,313±316,830	725,633±286,709	1,287,766±357,812
加算なし			
4.3 単位 (±SD)	690,913±318,812	463,783±286,774	952,854±357,594
3-6 単位 (±SD)	744,674±318,618	512,053±286,610	1,014,595±357,727

4-4 考察

本研究では、急性期脳梗塞患者に対する費用対抗高い治療提供体制構築支援を目的に、週7回リハビリテーション提供の費用対効果を算出した。発症から60か月時点における費用対効果はICER1,017,908±156,007円/QALY、加算を考慮した場合には1,234,279±188,986円/QALYであり、

厚生労働省が提唱する評価閾値[19]と比較して優れた費用対効果が示された（図4-5）。本研究では感度分析を行い治療アウトカム不確実性の影響も考慮したところ、週7回のリハビリテーションによる治療改善効果が1%変動すると仮定した下でも良好な費用対効果が得られた。Kinoshitaらは日本の脳梗塞症例3,072例のデータベースを用いて週5,6回群と週7回群の治療効果の比較を行い、週7回群で退院後のmRSステージが有意に改善していたことを示している [10]。加えて、その研究においては、患者の基本属性や病院への搬送時間、アルテプラーゼ静注療法による治療の有無など、予後に影響を及ぼし得る因子について群間で調整を行った上で分析を行っている。本研究は、彼らの研究の知見を経済的側面から検討したものである。

医療費の分析に関して、医療費のみを含めた場合でも算出されたICERは良好な費用対効果を示した。本研究においてmRS分布の初期値を引用したKinoshitaらのThe Japan rehabilitation databaseを用いた研究には、週7群と週5,6群で脳梗塞の代表的な治療であるアルテプラーゼ静注療法施行の有無、および入院日数に有意な差がないことが示されているため[10]、本研究においてもその研究に準じ2群の治療内容はリハビリテーションの頻度以外に差が無いと仮定し分析を行った。しかしながら、週7回リハビリテーションを提供する病院と週5,6回リハビリテーションを提供する病院では現状医療サービスの内容に差異が存在する可能性が考えられる。今後これらの施設における診療データが利用可能になることで、本分析はより詳細かつ妥当なものになると考えられる。

介護費に関して、週7群では週5群よりも介護費が低くなることが示された。結果として、医療費と介護費を共に含めた場合のICERは医療費のみの場合よりも良好であった。この結果は、週7群における患者重症度の改善により介護必要度が軽減されたことに起因する。医療費と介護費の両方を含んだ場合のICERが5,000,000円/QALYを下回るのは発症から8か月の時点であり、ICERは介護費を含めない場合よりも良好であり、閾値を下回るまでの期間も短かった。脳卒中患者は生存期間後遺症に苦しむこと、脳卒中は日本における介護費の大きな部分を占めることから[25]、脳卒中関連の費用対効果の分析に介護費用を含めることや発症直後のみでなく中長期的な分析を行うことが極めて重要であると考えられる。

増分コストの合計は、発症から35年で下限のピークに達し、その後は上昇に転じることが示された。週7群では患者の重症度分布は週5群よりも軽症であるものの、週5,6回では死亡割合が高い。死亡患者からは介護費は発生しないため、その点では介護費は押さえられる傾向にあ

る。本結果における発症から4-5年時点における医療費の推移は、週7群における患者の軽症化による介護費の軽減と、生存者が増加することによる介護費の増加の影響が打ち消しあって算出されたものであると考えられる。

今後、実際に脳神経外科を標榜し脳血管疾患リハビリテーションを行う保険医療機関が週7回のリハビリテーションの導入を検討する際は、祝日・休日に出勤する事務スタッフ、リハビリテーションスタッフ、リハビリテーション科医の人的費やその管理コストなど、病院側で生じるコストが制約要因となるかもしれない。今後は実施する病院視点での検討が必要であると考えられる。村山ら（2011）は、2011年で365日リハビリ提供体制の治療施設は25施設中4施設のみであると報告している[26]。また、Matsuiら（2012）は金曜日の入院が予後を悪くする因子であることを多変量解析から示している[27]。現状、365日体制の施設が大多数ではないと考えられる中で、本結果は365日リハビリ体制の促進やそれに向けた診療報酬等の政策評価を行っていく上で有用なデータになると考えられる。診療報酬の変更は医療機関側が特定の医療行為、あるいはサービス提供体制構築するためのインセンティブとなることが考えられるため、週7回リハビリテーションの普及に際しても、公定価格の調整などの政策的手段が有効である可能性が考えられる。

本研究では急性期脳梗塞患者に対する効率的な治療提供体制構築支援を目的に、週7回リハビリテーション提供の費用対効果を算出し、週7回リハビリテーション提供の良好な費用対効果が示されたものの、本研究にはいくつかの限界点が存在する。まずはデータの利用可能性の限界から分析期間が5年である点である。障害の軽減による効果は生存期間全体に波及すると考えられる。また、本研究の費用分析はスタンダードである医療費に加え介護費も網羅しているが離職等の社会的損失の低減に及ぼす影響を考慮していない。山我らは脳卒中がもたらす社会的損失の大きさに言及しており[11]、この点を踏まえた分析が今後望まれる。最後に、医療制度（i.e. costs or charges）は国の医療制度により異なる可能性があることである。本研究の手法は他国における費用対効果の分析にも部分的に応用可能であるが、分析に当たっては医療制度やサービス価格が異なるため、多少異なる結果が生じる可能性もある。最後に、施設間でリハビリテーション実施単位数には一定のばらつきがあると考えられるが、本分析ではデータの利用可能性の限界から実施単位数とアウトカムとの関係は考慮されていない。回復期においてはリハビリテーション時間と患者予後改善の関係が報告されているものの [28-29]、急性期においては有意な関係があるとした報告や [3-4]、ないとした報告があり [7]、一致した見解は得ら

れていない [1]。今後、実施単位数と治療アウトカムの関係が明らかになれば、より詳細な分析が可能になると考えられる。

4-5 結論

本研究では、費用対効果に優れた脳卒中リハビリテーション提供体制構築支援を目的に、週7日リハビリテーション提供を行うことの費用対効果の分析を行った。その結果、ICERは1,234,279±188986円/QALYであり、週7日のリハビリテーション提供の優れた費用対効果が示された。急性期脳梗塞患者への頻回のリハビリテーション介入の有効性が報告されている中で、本研究は週7回リハビリテーション介入が普及していくための重要な検討材料になると考えられる。今後は導入を行う病院視点での収益性や費用対効果分析も考慮していく必要がある。

参考文献

1. 日本脳卒中学会. 脳卒中治療ガイドライン 2015 (追補 2017) .
2. Biernaskie J. Efficacy of Rehabilitative Experience Declines with Time after Focal Ischemic Brain Injury
3. Langhorne P, Wagenaar R, Partridge C. Physiotherapy after stroke: more is better?. *Physiotherapy Research International* 1996. 1(2); 75:88.
4. Winstein CJ, Stein J, Arena R et al. Guidelines for Adult Stroke Rehabilitation and Recovery: a guideline for healthcare professionals From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke* 2016; 47 : e98-169.
5. 大川 弥生, 上田 敏. 脳卒中片麻痺患者の廃用性筋萎縮に関する研究--「健側」の筋力低下について. *リハビリテーション医学* 1988; 25(3):143-147.
6. 近藤 克則, 太田 正. 脳卒中早期リハビリテーション患者の下肢筋断面積の経時的変化 -廃用性筋萎縮と回復経過-. *リハビリテーション医学* 1997; 34(2), 129-133.
7. Lauro AD, Pellegrino L, Savastano G, Ferraro C, Fusco M, Balzarano F et al. A randomized trial on the efficacy of intensive rehabilitation in the acute phase of ischemic stroke. *J Neurol* 2003 250;1206:1208.
8. Kwakkel G, Wagenaar RC, Twisk JWR, Lankhorst GJ, Koetsier JC. Intensity of leg and arm training after primary middle-cerebral- artery stroke: a randomised trial. *THE LANCET* 1999. 354: 191-96.
9. Hasegawa Y, Yoneda Y, Okuda S, Hamada R, Toyota A, Gotoh J. The effect of weekends and holidays on stroke outcome in acute stroke units. *Cerebrovasc Dis.* 2005;20(5):325-31.
10. Kinoshita Shoji, Momosaki Ryo, Kakuda Wataru, Okamoto Takatsugu, Abo Masahiro. Association Between 7 Days Per Week Rehabilitation and Functional Recovery of Patients With Acute Stroke: A Retrospective Cohort Study Based on the Japan Rehabilitation Database. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation.* 2017; 98(4): 701-706.
11. 山我美佳、池田俊也 脳血管疾患の Cost of Illness (医療・社会的資源) . 国際医療福祉大学学会誌. 2016; 21(1) 82-92.
12. 鎌江伊三夫. “医療技術評価ワークブック 臨床・政策・ビジネスへの応用” じほう 2016.
13. Wong LY, Toh MP, Tham LW. Projection of prediabetes and diabetes population size in Singapore using a dynamic Markov model. *J Diabetes* 2017; 9(1):65-75.
14. Ramos M, Lamotte M, Gerlier L, Svangren P, Miquel-Cases A, Haughney J. Cost-effectiveness of physical activity in the management of COPD patients in the UK. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2019; 14:227-239.

15. Cassarly C, Martin RH, Chimowitz M, Peña EA, Ramakrishnan V, Palesch YY. Comparison of multistate Markov modeling with contemporary outcomes in a reanalysis of the NINDS tissue plasminogen activator for acute ischemic stroke treatment trial. *PLoS One* 2017; 12(10): e0187050.
16. Pizzo E, Dumba M, Lobotesis K. Cost-utility analysis of mechanical thrombectomy between 6 and 24 hours in acute ischemic stroke. *Int J Stroke* 2019; 1747493019830587. (in press)
17. 厚生労働省. 平成 30 年度診療報酬改定について No.43, 2018 年 3 月 5 日. Available at <https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000188411.html>. (Accessed on April 22, 2019)
18. 厚生労働省. 患者調査 2014. Available at <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kanja/14/> (Accessed on April 28, 2019)
19. National Institute of Health and Care Excellence. The guideline manual. 7 Assessing cost effectiveness. Available at <https://www.nice.org.uk/process/pmg6/chapter/assessing-cost-effectiveness> (Accessed October 17, 2018)
20. 福田敬他.“中央社会保険医療協議会における費用対効果評価の分析ガイドライン” 2015
21. 厚生労働省 日本の医療制度 2015. Available at https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/iryuhoken/iryuhoken01/index.html (Accessed on April 14, 2019)
22. Ontario, Health Quality. Mechanical Thrombectomy in Patients With Acute Ischemic Stroke: A Health Technology Assessment. Ontario Health Technology Assessment Series. 2015; 16(8): 1-83.
23. Hattori N, Hirayama T, Katayama Y. Medical Care for Chronic-Phase Stroke in Japan. 2012, 52: 175-180.
24. Health and Welfare Bureau for the Elderly, Ministry of Health, Labour and Welfare. Long-Term Care Insurance System of Japan, November 2016. Available at https://www.mhlw.go.jp/english/policy/care-welfare/care-welfare-elderly/dl/ltcisj_e.pdf (accessed on October 17, 2018)
25. The Ministry of Health Labour and Welfare. Comprehensive Survey of Living Conditions 2013, long-term care. Available at <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/20-21.html> (accessed on September 27, 2018)
26. 村山幸照, 井上勲. 平成20年度診療報酬改定による急性期病院でのリハビリテーションへの影響と現状. *作業療法学*. 2011; 30(6): 717-726

27. Matsui H, Hashimoto H, Horiguchi H, Yasunaga H, Matsuda S. An exploration of the association between very early rehabilitation and outcome for the patients with acute ischaemic stroke in Japan: a nationwide retrospective cohort survey. *BMC Health Serv Res.* 2010 Jul 20;10:213.
28. Miyai I, Sonoda S, Nagai S et al. Results of new policies for inpatient rehabilitation coverage in Japan. *Neurorehabil Neural Repair* 2011; 25: 540-7.
29. Nagai S, Takizawa Y, Kaku K et al Relationship between the intensity of stroke rehabilitation and outcome: A survey conducted by the Kaifukuki Rehabilitation Ward Association in Japan (second report). *Jpn J Compr Rehabil Sci* 2011; 2:77-81.

第五章 総括

本研究では、医療分野における費用対効果検討の視点がますます重要になってきている背景や均てん化された脳卒中医療提供体制を充実させることの重要性が政策上レベルで喫緊の課題となっている背景から、本論文の主目的は費用対効果と地理的アクセシビリティに優れた急性期脳卒中医療の提供体制の構築支援を全体の目的とした。

第一章では医療分野における費用対効果分析の必要性やその分析方法論、地理的アクセシビリティの方法論などの背景や本研究の前提にある課題について述べた。

第二章では地理情報システム（GIS）をプログラミング言語 Python で動作させることにより、医師出張システムの導入が急性期脳卒中患者の治療アクセシビリティに及ぼす影響のシミュレーション分析を行った。その結果、現状の専門医が勤務地からの 60 分圏内からの出張を行うことにより、主に上川北部、宗谷、留萌、北網、根室、北渡島檜山、後志医療圏で患者搬送時間が短縮されるため、これらの医療圏での急性期脳梗塞患者の治療へのアクセシビリティ改善に寄与することが示された。

第三章では北海道内の各二次医療圏における医師出張システム導入の費用対効果のシミュレーション分析を行った。その結果、上川中部医療圏から上川北部医療圏に出張し、宗谷、留萌、上川北部、遠紋医療圏の患者を治療するために専門医を追加配置することの優れた費用対効果が示され、医師出張システムを実装するにあたっては、費用対効果の観点から上川中部医療圏での実施を優先的に考えることが望ましいことが示された。

第四章では、第四章においては急性期脳卒中患者に対するリハビリテーションに焦点を当て、マルコフモデルによるシミュレーションにより、週 7 日の急性期脳血管疾患リハビリテーションを導入することの費用対効果の分析を行った。その結果、週 5,6 日のリハビリテーション介入と比較した週 7 日リハビリテーションの優れた費用対効果が示された。

研究業績一覧

【学術論文】

1. **Yasuhiro Morii**, Toshiya Osanai, Tomoki Ishikawa, Kensuke Fujiwara, Takumi Tanikawa, Kiyohiro Houkin, Eiichi Kobayashi, Katsuhiko Ogasawara. Cost effectiveness of Drive and Retrieve System in Hokkaido for Acute Ischemic Stroke Patient Treatment Using Geographic Information System, Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases 2019;28(8), 2292-2301
2. **Yasuhiro Morii**, Tomoki Ishikawa, Teppei Suzuki, Shintaro Tsuji, Hiroko Yamashina, Masanori Yamanaka, Katsuhiko Ogasawara. Projecting future supply and demand for physical therapists in Japan using system dynamics. Health Policy and Technology 2019;(8),118-127
3. **Yasuhiro Morii**, Takahiro Osawa, Teppei Suzuki, Nobuo Shinohara, Toru Harabayashi, Tomoki Ishikawa, Takumi Tanikawa, Hiroko Yamashina, Katsuhiko Ogasawara. Cost Comparison Between Open Radical Cystectomy, Laparoscopic Radical Cystectomy, and Robot-Assisted Radical Cystectomy for Patients with Bladder Cancer- A Systematic Review of Segmental Costs-. BMC Urology 2019 19: 110.
4. **森井康博**, 石川智基, 辻真太郎, 鈴木哲平, 小笠原克彦. 北海道における医療従事者の地域偏在度の職種間比較 医療情報学 2018; 37(6)285-289.

【学会発表】

1. 谷松子、藤原健祐、上村修二、奈良理、葛西毅彦、**森井康博**、小笠原克彦, GISによる救急搬送シミュレーションの妥当性の検証. 第39回 日本医療情報連合大会 2019.
2. 藤原健祐、長内俊也、**森井康博**、谷松子、谷川琢海、小笠原克彦. GISを用いた脳卒中診療拠点病院の適正配置モデルの検討. 第39回 日本医療情報連合大会 2019.
3. 清水大暉、鈴木哲平、**森井康博**、澤田将、小笠原克彦. 特定健診・レセプトデータ分析による受診勧奨の医療費・介護費適正化への寄与率分析. 第39回 日本医療情報連合大会 2019.
4. 西郷 緑、**森井康博**、鈴木 哲平、澤田 将、小笠原 克彦. 特定健康診査における糖尿病境界型該当者への受診勧奨が医療費に及ぼす影響. 第39回 日本医療情報連合大会 2019.
5. 田森帆乃夏、**森井康博**、山品博子、鈴木哲平、向井まさみ、小笠原克彦. 医療分野の人工知

- 能に対する市民の年齢層別の受容度の比較. 第 39 回 日本医療情報連合大会 2019.
6. 楊雨辰、**森井康博**、藤原健祐、石川智基、山品博子、鈴木哲平、中谷純、小笠原克彦. 中国における医療資源の省間分布から見る医療格差 第 39 回 日本医療情報連合大会 2019.
 7. 小笠原克彦、藤原健祐、**森井康博**、石川智基、鈴木哲平、谷祐児、北海道大学病院経営アドミニストレーター育成拠点における取り組み. 第 57 回 日本医療・病院管理学会 2019.
 8. **Yasuhiro Morii**, Toshiya Osanai, Tomoki Ishikawa, Kensuke Fujiwara, Takumi Tanikawa, Eiichi Kobayashi, Katsuhiko Ogasawara. A Cost-effectiveness Simulation of Specialist Dispatching System in Japan for Treatments of Patients with Acute Ischemic Stroke Using Geographic Information System. Medinfo 2019.
 9. **Yasuhiro Morii**, Kagari Abiko, Toshiya Osanai, Jiro Takami, Takumi Tanikawa, Kensuke Fujiwara, Eiichi Kobayashi, Songzi Gu, Kiyohiro Houkin, Katsuhiko Ogasawara. A Cost-effectiveness Simulation of 7-Day-per Week Rehabilitation for Patients with Acute Stroke. FHS 5th 2019.
 10. **森井康博**, 古田 精市、石川 智基、小笠原 克彦. System Dynamics Modelingを用いた北海道における薬局薬剤師の需給将来予測. 第23回日本医療情報学会春季学術大会 2019.
 11. **森井康博**、長内俊也、寶金清博、石川智基、藤原健祐、谷川琢海、小林永一、小笠原克彦. 地理情報システム (GIS) を用いた急性脳梗塞患者の治療における医師出張型医療連携システムの費用対効果のシミュレーション. 医療経済学会 第11回若手研究者育成のためのセミナー 2019.
 12. **森井康博**、高塚伸太郎、山口徳藏、佐瀬雄治、石川智基、小林永一、小笠原克彦. NDB レセプト情報を用いた北海道における 死亡前一年間の 1 人当たり医療費の分析. 第 38 回日本医療情報学連合大会 2018.
 13. 石川 智基、高塚 伸太郎、山口 徳藏、佐瀬 雄治、**森井康博**、小林 永一、小笠原 克彦. NDB を活用した疾病分類別の将来患者数・医療費予測. 第 38 回日本医療情報学連合大会 2018.
 14. 佐瀬雄治、高塚伸太郎、山口徳藏、石川智基、**森井康博**、小林永一、小笠原克彦. NDB レセプト情報における死亡時主傷病名と死因統計における原死因の比較検討. 第 38 回日本医療情報学連合大会 2018.

15. 小林 永一、高塚 伸太郎、山口 徳藏、佐瀬 雄治、石川 智基、**森井 康博**、小笠原 克彦. NDBを用いた北海道における死亡前1年間の医療費の二次医療圏間比較. 第38回日本医療情報学連合大会 2018.
16. **森井康博**、石川智基、藤原健祐、鈴木哲平、小笠原克彦. Jackknife法によるリサンプリングを用いた北海道における医療従事者の偏在度の職種間比較. 日本医療情報学会 第19回北海道支部会学術大会 2018.
17. **森井康博**、石川 智基、鈴木 哲平、大澤 崇宏、篠原 信雄、原林 透、小笠原 克彦. 筋浸潤性膀胱癌患者に対する開腹式と内視鏡下の膀胱全摘除の費用対効果の比較. 医療経済学会 第9回若手研究者育成のためのセミナー 2018.
18. **森井康博**、藤原健祐、石川智基、鈴木哲平、辻真太郎、小笠原克彦. Gini係数とHerfindahl-Hirschman Indexを用いた北海道における医療従事者分布の検討. 医療情報学会第17回北海道支部学術大会 2017.
19. **森井康博**、藤原健祐、石川智基、鈴木哲平、辻真太郎、小笠原克彦. 地域偏在度と集中度の分析を併せた北海道における医療従事者の配置検討. 第37回日本医療情報学連合大会 2017.
20. **Yasuhiro Morii**, Tomoki Ishikawa, Teppei Suzuki, Shintaro Tsuji, Katsuhiko Ogasawara. Analyses of Physical Therapist Supply and Regional Distribution in Hokkaido. FHS 4th 2017.
21. **森井康博**、石川智基、鈴木哲平、辻真太郎、小笠原克彦. 北海道における理学療法士数の地域偏在評価、医療情報学会第16回北海道支部学術大会 2017.
22. 石川 智基、藤原 健祐、**森井 康博**、鈴木 哲平、辻 真太郎、小笠原 克彦. 北海道における産婦人科・小児科医師数の需給予測評価の試み. 日本医療情報学会 第15回 北海道支部学術大会, 2017
23. **森井康博**、石川智基、辻真太郎、鈴木哲平、小笠原克彦. 北海道における医療従事者の地域偏在度の職種間比較. 第21回日本医療情報学会春季学術大会 2017.
24. 石川 智基、藤原 健祐、**森井 康博**、鈴木 哲平、辻 真太郎、小笠原 克彦. System Dynamicsによる医師数充足と地域偏在の将来予測—北海道の周産期医療を対象として—. 第37回医療情報学連合大会, 2017.

25. **森井康博**、石川智基、鈴木哲平、辻真太郎、小笠原克彦. システムダイナミクスを用いた日本における理学療法士数の将来予測第 36 回医療情報学連合大会 2016.
26. 三浦拓也, 山中正紀, **森井康博**, 寒川美奈、斎藤展士、小林巧, 井野拓実, 遠山晴一. 腹横筋と腰部多裂筋の形態学的関連性. 第50回日本理学療法学会大会 2015.
27. **森井康博**、山中正紀、三浦拓也、斎藤展士、寒川美奈、小林巧. 健常者における異なる座位姿勢時の胸椎矢状面アライメントと腹横筋筋厚の関係. 第49回日本理学療法学会大会 2014.

【総説】

森井康博, 小笠原克彦. [総論] 医療経済性：費用効用分析と QOL. ALmedia 2019; 23(4): 1-4.

【学会賞・表彰】

1. 森井康博. 第 16 回日本医療情報学会北海道支部学会大会 若手研究奨励賞
(平成 30 年 2 月 3 日)

【学位論文】

森井康博. System Dynamics を用いた理学療法士数の将来予測と偏在評価. 北海道大学大学院保健科学院保健科学専攻保健科学コース修士課程学位論文. 2017.

謝辞

本論文の執筆はもちろんのこと、私の修士課程および博士課程での学びは周囲の時方々の支えなしでは成しえないものでありました。小笠原研究室関係者、友人、家族等全ての方々に厚く感謝申し上げます。

はじめに、日々の研究等において厚くご指導・ご鞭撻をいただいた指導教員の本院 小笠原克彦教授に深謝いたします。私が研究に対するモチベーションを維持できたのは、小笠原教授による適切な導きやご意見を常日頃からいただけたこと、たくさんの挑戦の機会をいただけたことがあってこそだと存じます。

次に、共同研究者として臨地的見地から様々なご意見・ご指導を賜り本論文の完成にご尽力いただいた長内俊也先生をはじめとする北海道大学大学院 医学研究科 脳神経外科の皆様へ深謝いたします。

医療経済研究機構の石川智基先生には、先生の北海道大学所属時代から沢山ご指導いただき、貴重な時間を賜り、私の様々な研究についてご尽力いただきました。苦勞していた時期に精神的な支えになっていただいていたこともあり、石川先生には感謝を表す言葉がございません。

小樽商科大学の藤原健祐先生には本論文の内外共に沢山ご指導いただきました。本論文の作成に関しては脳神経外科分野の臨地的な見地、および地理情報システムの方法論等で大きくご尽力いただきました。私が最終的に本論文を取りまとめるに至ることができたのは、藤原先生が病院経営アドミニストレータ育成拠点での私の前任として、ご多忙な中親身での確なご指導をいただいたことの影響が大きいです。改めて厚く感謝申し上げます。

北海道科学大学の谷川琢海先生には、本研究のデザイン等を修練させていく過程において、いつもの確かつ根本的な指摘やアドバイスを賜りました。この場を借りて改めて感謝申し上げます。

北海道教育大学岩見沢校の鈴木哲平先生には研究活動はもちろんのこと、社会人としての心構え、および仕事や作業に着手する上での考え方について自分に不足していたものをたくさん学ばせていただきましたことに関して深謝申し上げます。

本院の山品博子先生には研究やその他様々な事柄について親身に相談に乗っていただきました。深謝申し上げます。

そして、私が修士課程・博士課程の歩みを共に進めてきた小笠原研究室のすべての皆様に感謝申し上げます。個性豊かで多様な人材を有する本研究室で学んだ時間は、間違いなく私の人生の人生でかけがえのない時間です。特に、張洪見氏、谷松子氏、曹嬴丹氏は私の本研究室の中でも最も多くの時間を共に過ごした3人であり、精神的な支えとなっていたことに感謝申し上げます。

最後に、私にこのような長期の学びを許し、常に無償の援助を注いでくださった両親をはじめとする家族に深く感謝申し上げます。私にいただいた投資に見合うような人材であるように今後とも努力を惜しまないことを誓います。

2019年12月17日

森井 康博