HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	人間の積分能力からみた空間概念の構成と空間移動の可能性についての検討：オリエンテーリングの技術と人間が捕らえる空間との関わり
Author(s)	保延，光一
Citation	北海道大學教育學部紀要，72，121-132
Issue Date	1996-12
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/29522
Type	departmental bulletin paper
File Information	72_P121-132.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

人間の積分能力からみた空間概念の構成と空間移動の可能性についての検討

―― オリエンテーリングの技術と人間が捕える空間との関わり ――

保 延 光 一

An Investigation of Space Generalization and Locomotion Possibility from Human Integrate Capacity

—— Concerned with the Orienteering Technique and the Space with Human ——

Kouichi HONOBE

[1] は じ め に

「喉元過ぎれば熱さ忘れる」という言葉があるが，人間は一般に急激な環境の変化には敏感であるが，変化の少ない環境では順応しやすく，その絶対的なレベルを感知するのは難しい傾向にある。例えば，ある物体を視たとき，物体は面の組み合わせによって形作られているにもかかわらず，輪郭という実体のない抽象的なものを感知してその存在を認識する。人間が絵を画くときにも，物体の輪郭を描くことによってその行為を行うことや，また，絵やモノクロ写真を見ただけでその物体が何であるかを認識することができることからもそのことがわかる。そのしくみは神経回路の中にある抑制回路の働きである側抑制であることが知られている[4]。側抑制は入力刺激が変化したときには信号が強調され，入力刺激が変化しないときには信号を弱めてしまう。このことは，信号を微分することに相当する。側抑制の働きは情報が生体内に蓄積されて膨張してしまうことを防ぐために役立っていると言われている。このように，人間は微分に対しては敏感な性質を持つが，では，その逆の働きである積分に関してはどうであろうか。人間は記憶という能力を使って情報を蓄積し，その積み重ねから新な情報を作り出すことも可能である。先の神経回路の機能から見ると，情報が蓄積していくことは神経回路の発振を招き，情報伝達機能を阻害する要因になることから，記憶されたことを忘却していく働きを持つことが生命維持には有利であることになる。したがって，記憶すること，すなわち，積分の能力は，微分の能力に比較して，人間にとって貧弱なものであることが推察される。このことが人間が状況を判断し行動していく場面でどのように関わってくるのかを検討することには大きな意味があると思われる。そこで，本稿では，人間が空間を把握して，その空間内を移動するための方策が微分や積分の考え方から説明できることを示すとともに，自然のフィールドの中で行うスポーツ競技であるオリエンテーリングを題材として，その技術と人間の積分能力との関わりを論ずることを目的とする。特に，地図読みとルート選択及びルート走破の技術との関わりについて論じる。

[2] 微分と積分のテレインにおける意味

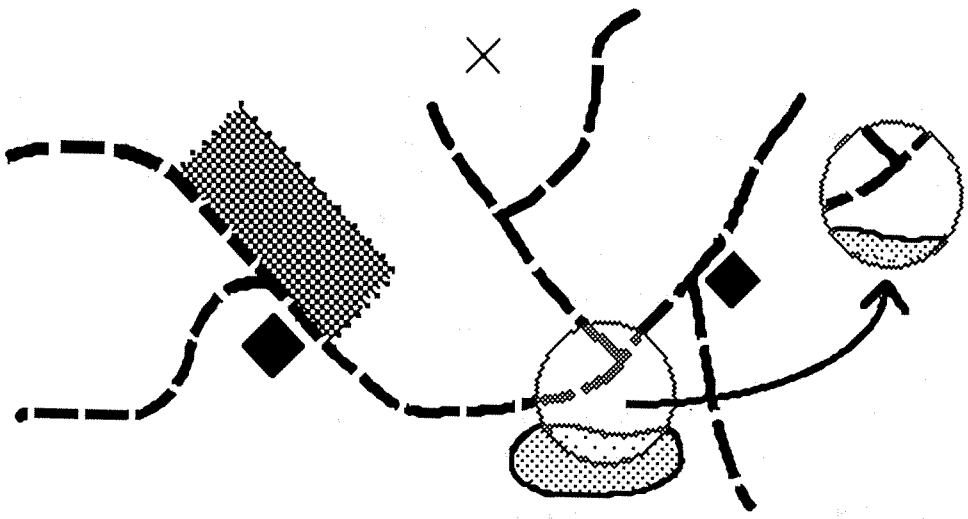
論じるに先立って，自然のフィールド（以下テレイン）の中で行動する上で問題となる情報と

しての微分および積分とは具体的にはどのようなものを指すのかを明かにしておくことにする。

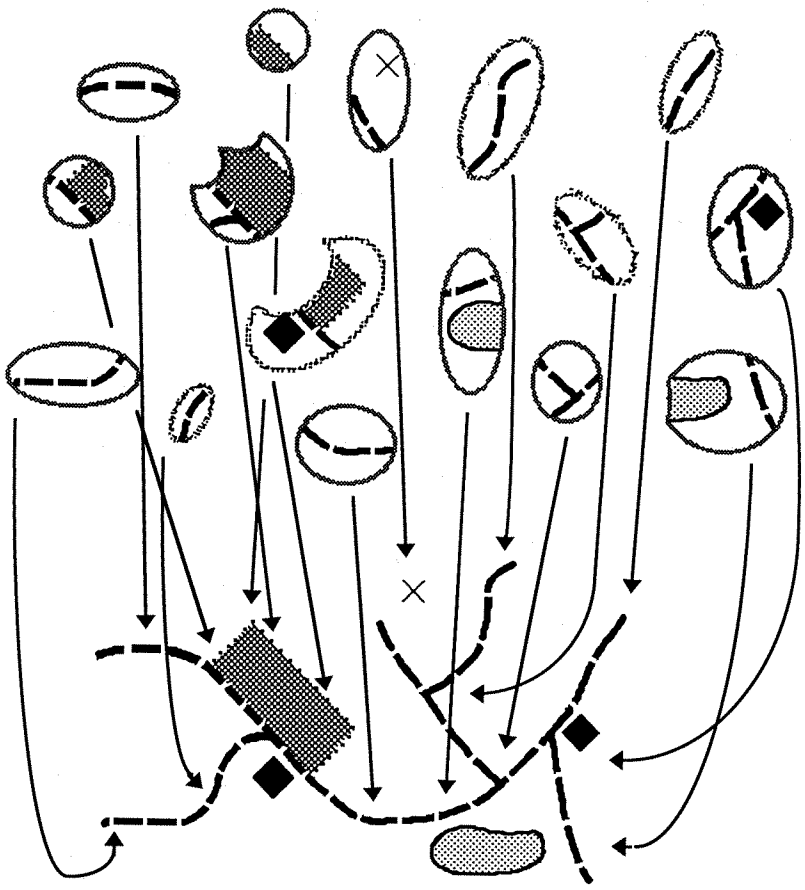
微分も積分も関数について定義されている量であるが，ここではテレインを関数fと見做す。位置を表わす変数をpとして，微分は

$$(f(p+\Delta p)-f(p))/\Delta p$$

の式でΔpを限りなく小さくしたときの極限の値である。関数を微分したときその関数の持つ情報の中で絶対値は失われる。そのかわりその関数fのpにおける変化しようとする方向性は強調され浮き彫りになる。微分とは，言い換えると，着目している地点とそのすぐ隣の地点との違いだけを取り出すことに相当する。また，Δpを十分小さく取れば，上式は近似的に微分になる。すなわち，fのpにおける近傍が取り出されることになる。ここで，テレインを関数fと見做して，それを微分するということを考えた場合，ある地点の周りの小さい地域を取り出すことに相当すると言えるだろう。(図－1）このときには，この小さい地域のテレイン上での絶対的な位置は問題とはしない。問題となるのは，現在位置pにおいて道が分岐している，あるいは曲がっている，畑と林の境目である，狭い沢であって大きな岩がある，といった特徴，すなわちテレインの変化の様相だけである。この捕えられた小さい地域（地点pの近傍）を単に微分と呼ぶことにする。操作を表わす微分と区別するために，以後操作としての微分は“微分”と表わすことにする。ここで言う微分とは，単なる幾何学的意味での地形の接平面ではない。テレインを構成している要素は等高線によって表わされる地形だけではない。植生や水系，道などの様々な特徴によって構成されている。それら多様性に富む空間としての存在がテレインである。したがって，テレインを“微分”するとは，テレイン内にいる人間が自分のすぐ周りの状況を捕えることであり，そこに明確な特徴が存在したならば，人間はそれに敏感に反応する，つまり，微分値が大きな値を示したということになる。次に積分について同様に考えてみる。積分とは数ある小さい部品を順番に足し合わせていくことに相当する。すなわち，関数fの積分とは，変数pがpiからpi＋jまで変化したとき，関数fをfiからfi＋jまで足し合わせていく操作である。このとき，足し合わされた結果を定積分といい，p_0からpまで足し合わせたとして，pが変化したときの結



図－1　テレインを微分する操作



図－2　微分として捕えられたテレインを積分する操作

果を示す関数を不定積分という。不定積分は“微分”の逆の操作に相当することになる。テレインにおいて積分するということはどのようなことかを考えてみると，ある地点pの近傍を，pを移動させながら繋ぎ合わせて，より広い地域のテレインの状態を構成することに相当すると言えるだろう。このときの変数pはテレイン上のある経路上を動くので，これは線積分である。これは,ちょうどジグソーパズルのピースを組み合わせて元の絵を構成していく操作とよく似ている。（図－2）このとき出来上がったテレインの状態を単に積分と呼び，操作としての積分と区別するために，以後操作としての積分は“積分”と表わすことにする。“微分”も“積分”も人間がテレインを捕えるための操作の方法であり，微分，積分は普遍的なものではない。一般には人間によって個別のものであり，さらに積分は“積分”する方策によっても異なったものとなる。そのことがオリエンテーリングの技術と結びついてくることになる。オリエンテーリングは，地図として与えられた普遍的積分としてのテレインと，人間が個別的に捕えた微分としてのテレインを情報として利用し，目的位置に到達するという課題を解いていく競技と言うこともできる。オリエンテーリングの競技が行われるテレインは，競技者にとって未知の森が選ばれる。そこでは積分としての大域的情報は地図しか存在しない。また，森の中ではせいぜい自分の周囲半径10m

程度の空間しか捕えることができない。これは，通常競技で使用される縮尺１：15000の地図上では半径0.7㎜に満たない小さい範囲の空間である。この微小な空間の情報から大域的空間上の位置を特定し，そこに到達するという課題の性質を検討するには，微分，積分の考え方が使えそうである。以下では，ここで定義した微分，積分の概念を使って，オリエンテーリングの技術に関わる諸問題を具体的に検討していくことにする。

［3］テレイン上での微分，積分とオリエンテーリングの技術との関係

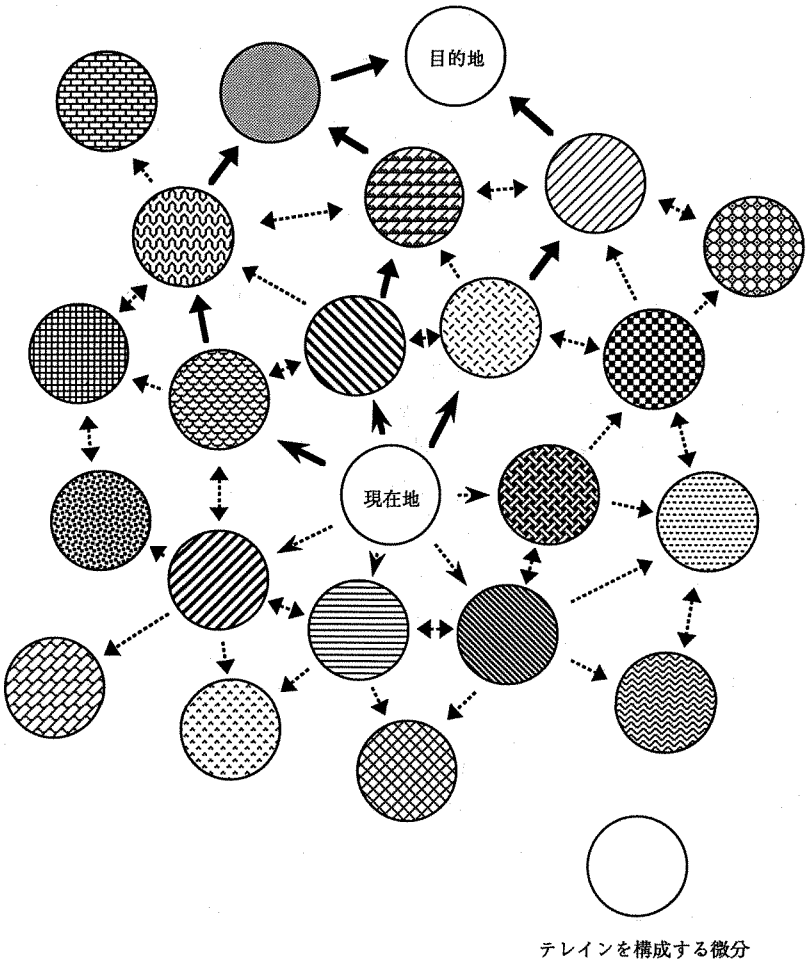
(1) テレイン上での現在位置の特定の問題

山に登ったとき，天候さえ良ければ見晴らしも良く，道に迷いにくい。これは，広い範囲のテレイン上の特徴が捕えやすく，地図と実際のテレインとの照合（interpritation）が容易にできる状態にあるためであり，その結果，自分が現在いる位置が地図上で特定できることになる。しかし，霧や吹雪に見舞われた場合には，視界は非常に悪くなり，もはや自分の現在位置は特定できなくなる。これは「ホワイトアウト」と呼ばれている現象で，テレインの自分に極近い場所しかわからない状態に陥ってしまったことになる[5)]。これはまさにテレインの微分を捕えていることに相当する。一般にオリエンテーリングでは広い範囲が見通せるようなテレインでは行わない。コントロール・ポイントやテレイン内の重要な特徴が遠くからでも見ることができるようでは，競技性が損なわれるからである。そのようなオリエンテーリングの性格上，競技者は自分のすぐ周りの狭い地域のテレインしか見ることができないのが通常であるようにテレインが選ばれ，コースが設定される。テレイン内で自分の現在位置がわからなくなる理由には２通りある。一つは微分が大きな値を示さない場合，すなわち，明確な特徴が周囲に存在しない場合であり，もう一つは明確な特徴は存在するが，地図上でユニークに確認できない場合である。テレインの見通しの悪い場所で自分の現在位置がわからなくなった場合，現在位置を地図上で確認するためには，“積分”を行って，もっと広い範囲のテレインの情報を捕える必要がある。そのためには変数pを動かせてやる必要があり，移動が伴わなければならない。したがって，現在位置を見失った人はテレイン上を歩き回る結果になる。これが迷うという現象である。移動距離が長ければ長いほどより大きな積分が得られ，現在位置の確認には有利になるが，反面，体力を消耗する結果となり，遭難に結びつくことになる。この，テレインの微分をルート上に沿って“積分”し，大域的なテレインを把握しようという行動は，人間の積分能力が微分能力に比べて貧弱であるということから考えると，理論的には間違っているとは言えないが，技術的には得策ではない。テレイン上で迷った人は微分を利用できなくなるので，その瞬間に，現在位置確認能力はかなり低下したと考えられるからである。コンパスワークによって方角を知り，歩測によって距離を知るというオリエンテーリングの基本的テクニックが存在し，これらを利用して現在位置を特定するテクニックもある。これらのテクニックは，テレインの位置を直接見いだすことを可能にし，人間の積分能力の貧弱さを補うことができるものである。しかし，このテクニックは極めて利用できるケースが限定している。オリエンテーリングでは，「現在位置がわからなくなったら，元に引き返せ」というように指導されている。ウロウロ歩き回ることはかえって状況を悪化させることは経験的にも知られている。

(2) テレイン内を移動するためのテクニックの問題

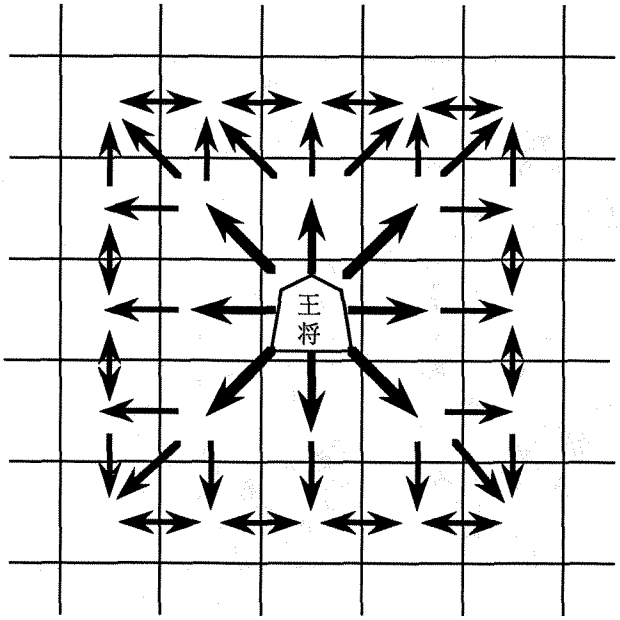
オリエンテーリングでは，目標地点に到達するために自分が定めたルート上を移動していくこと

になるが，これは現在位置でのテレインの情報と地図の情報とを照合し，常に現在位置を地図上で確認することを連続的に繰り返していく行動である。地図では大域的な情報，すなわち積分が得られ，この積分にテレインでの微分情報を投影していく操作であると言える。このとき，競技者はテレインの微分情報を“積分”してはいないだろう。なぜなら，人間の積分能力は微分能力に比較して貧弱であるために，地図から得られた積分情報を“微分”したものをテレインで得られた微分と照合することの方が有利だからである。しかし，地図の微分はその地図上で必ずしもユニークな存在ではない。似たような微分は地図上のいたるところに存在する。そのために微分から現在位置を特定することは困難なのである。したがって，ルート上に存在する微分を連続して辿っていくことにすれば，自分が現在いるところの微分の隣のいくつかの微分を進むべき次の地点の候補として絞ることができる。現在位置の微分の周囲には常に他の微分が存在している。原理的には，これらのどの微分にも行くことができる。（図－３）しかし，人間は微分値が高い値を示す微分しか選択することは難しい。なぜなら，移動した先の微分における現在位置の特定は，移動する前の微分との相対的な関係でしかありえず，地図上で明確に定位されないからであ



図－３　現在地から目的地まで隣の微分を辿って行くことで到達できる

る。微分が明確に定位されないまま次の移動すべき微分を見いだすことは，相対的な位置関係を連続させていって大域的な位置を特定しようとする方法論においては欠陥である。実際，このような見込みの行動によって現在位置を見失うケースは多い。したがって，移動しうる微分は微分値の高い微分に限られる，言い換えると，地図上で明確に特徴が確認できる場所にしか進み得ない。なお，ある微分の周囲に類似の微分が複数存在することがある。そのときには，進むべき地点の微分はどの方向にあるかを調べればよい。それがコンパスワークのテクニックである。さらに，テレインの変化が単純な場合には，微分が的確な情報を与えてくれない場合もある。このときには，歩測のテクニックを補間的に使用することになる。このように，コンパスワークと歩測のテクニックは，地図と実際のテレインとの照合をしながら移動していく際の補助的なテクニックとして存在する。原理的には，コンパスワークと歩測によってのみ目的地に到達することは可能であり，コントロール・ポイントに直接，あるいはレッグの距離の離れているいくつかの特徴をコンパスワークと歩測を使って繋ぎながら，それに interpritation を補助的に使用するような移動テクニックも現実に存在する。これは，方角と移動距離によって現在位置を特定しようとするものであり，積分を使う方法である。したがって，競技者が選択したルートは直線である。競技者は直線上に存在する微分を地図とテレインとで照合することによって，コンパスワークと歩測で特定した位置を確認していくことになる。この場合，微分は必ずしも連続的に捕えられる必要はなくなり，現在位置の確認作業は減少するために，移動速度を速くするためには有利である。反面，微分はユニークではないことから，類似の微分が周囲に存在する場合には，コンパスワークと歩測の誤差を補正することができなくなったり，微分が高い微分値を示さないときには補助手段を失ったことになるので，フェイルセーフの機能を持たないテクニックとなり，現在位置を見失う危険性が高い。技術的に高等ではあるが，リスキーなテクニックと言える。競技者の技術レベルが高くなってくると，必ずしも微分を連続的に捕える必要がなくなり，特徴の捕え方が中飛ばしになり，上記に類似のスタイルのテクニックになってくる。これは，コンパスワークが熟練してくることで現在位置の特定の作業を簡略化させて高速化を図った結果であると考えられる。さて，現在位置の微分の隣にある複数の微分の中から自分の進むべき微分はどのような規準で選ぶのが妥当であろうか？隣の微分の中で進むことが可能な微分と不可能な微分が存在することを先に示した。そして，進むことが不可能な微分とは原理的に不可能なことではなく，そこに進んだときに次の進路を見失う可能性の高い，言わばデッドゾーンのような存在であることも示した。それは微分に関わることであるから，テレインそのものの性質ではない。多様な特徴を至るところに持つテレインは，常に人間にその場所独自の情報を提供している。ただ，人間がそれに対する高い感受性を持ち合わせているな否かによってテレイン上に定位するための情報となりうるかどうかが決まるのである。したがって，進むことが不可能であるという拘束はその人間に固有の拘束である。競技経験が豊富な者では捕えられる特徴も経験の浅い者では見逃してしまうということや，ある特徴を読み取るのが得意な者，苦手な者がいる。このように個々の人間それぞれの性質により進みうる方向が拘束される。次に，そのような拘束を受けた場合の進路の取り方について検討してみる。今，テレインを将棋盤のような枡目で表わすとする。それぞれの枡がテレイン内の位置に相当する。そこの枡の一つに駒を一つ置いたとする。その駒が次の一手で進める範囲を進みうる隣の微分とする。駒が「王将」であれば隣の八つの枡全てに進める。(図－４) この場合は何も拘束のない状態である。次々と手を進めることによって駒は将棋盤の全ての枡に到達することができ，そのときの経路（ルート）は全く自由に決められる。次に駒が前後左右に



図－4　「王将」の到達可能なマス目

は進めないという拘束を受けているとした場合を考えてみる。つまり，駒は斜め四方にしか進めない。この場合，駒はどのような手順で動こうとも前後左右にある枡には到達することはできない。結果として将棋盤の上には到達できない枡が半分存在することになる。この拘束条件を式で表わすと

$$dy = \pm\, dx$$

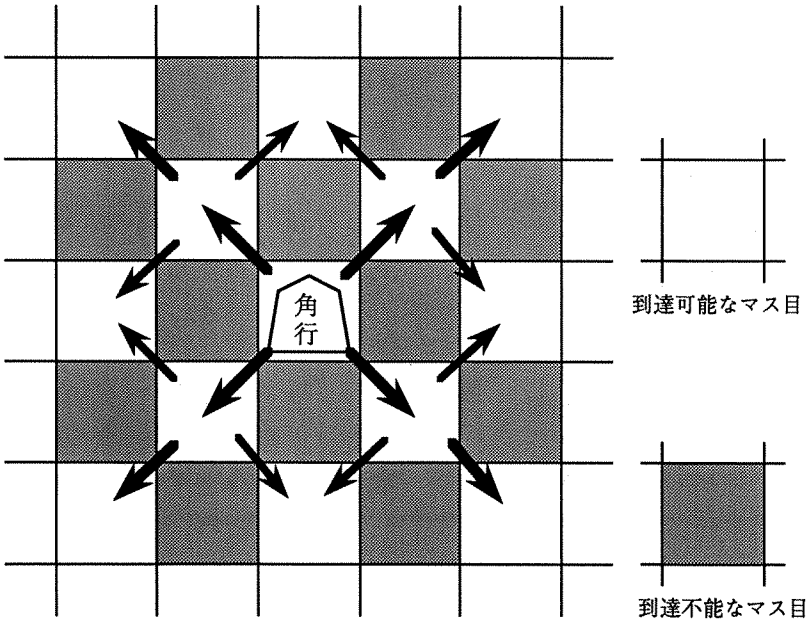
となる。この微分形の拘束条件は積分することが可能で，

$$y = \pm\, x + C \quad (C \text{は積分定数})$$

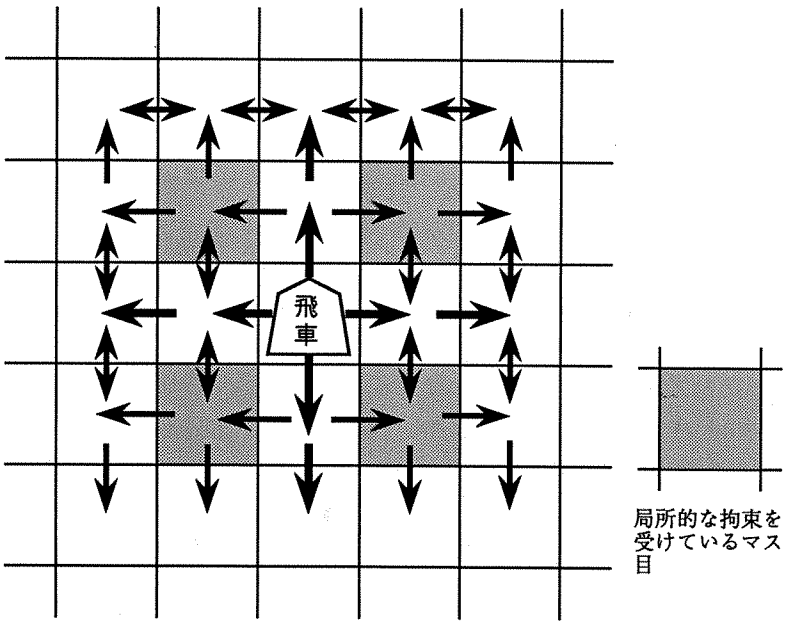
となる。つまり，現在駒のある枡を含めた市松模様の上にしか到達することはできないということがわかる。このように積分によって到達不可能な場所が特定できるような拘束をホロノームな拘束と呼ぶ。「角」がこれに相当する。（図－５）それでは，駒が斜めには進めず，前後左右にのみ進むことができるという拘束を受けている場合はどうであろうか？この拘束条件を式で表わすと

$$dy \cdot dx = 0$$

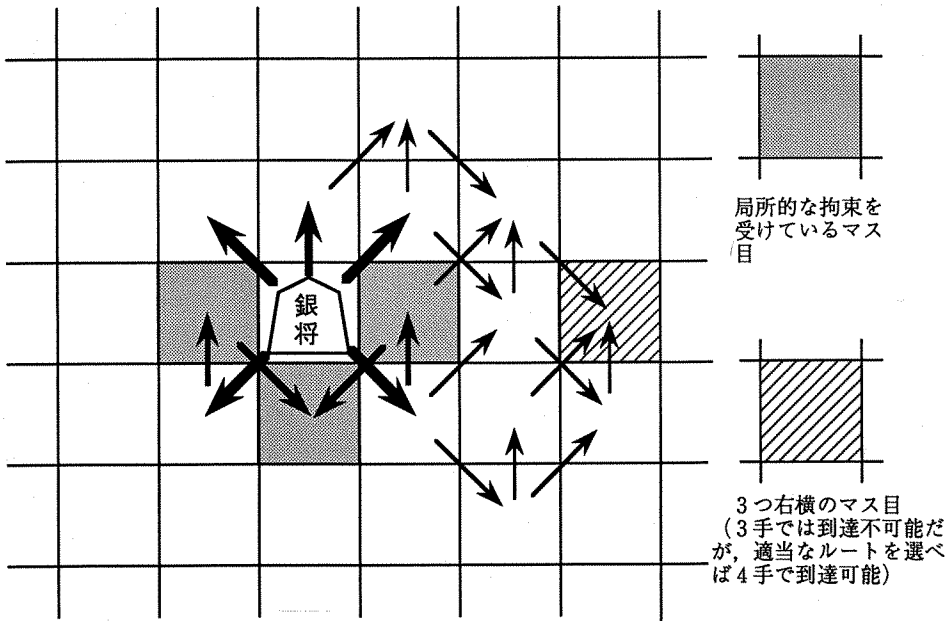
となる。この微分形の拘束条件の式は交換則が成り立つが，積分順序によって積分結果が異なるので，このままでは積分することができない。このような拘束を受けた系は非ホロノーム系と呼ばれている。積分できないので，将棋盤の上に大域的に到達不可能な枡を決めることはできない。しかし，到達するためのルートは制限を受ける。この場合には斜め隣の枡には２手を使って到達可能である。「飛車」がこれに相当する。（図－６）次に，駒が「銀」であった場合を考えてみる。この駒は左右と真後ろには進めない。八つの進路の内三つが拘束されている。「角」の場合に近いが，「銀」では２手を使って左右に到達でき，３手を使って真後ろに到達することができるので，この場合の拘束は非ホロノームである。「銀」が右真横３つ目の枡に移動する場合のルートを考えてみると，図－７のようにいくつかのルートが考えられる。（図－７）このように，非



図－5 「角」の到達可能なマス目



図－6 「飛車」の到達可能なマス目



図－7　「銀」の到達可能なマス目

ホロノーム系では適当なルートを選べばあらゆる地点に到達することが可能であることが特徴である。しかし，そのルートは微分形の拘束条件を“積分”することによっては得られない。ルートを先に決めてから初めて“積分”することが可能になるのである[2)]。したがって，テレイン内で迷わずに目的地に到達する方法は存在しても，そこに至るルートを見いだす方法は存在しないということが言える。

(3) ルートチョイスの問題

ある地点から別のある地点に至るルートを選び出すこと（ルートチョイス）を行うには，競技者が先ず何らかの規準を設定しなければならない。長さが最も短いルートはもちろん直線であるが，直線を辿ることが最も良い選択であることは多くの場合ない。一般には最も短い時間で到達しうるルートはどれかという規準でルートチョイスを行うことになる。しかし，ただ単に時間最短という規準でルートを選択しても，そのルートを辿ることが困難な場合もあり，理想的な移動を行ったときにだけ所要時間が最短となるのである。現在位置を見失って時間をロスすることも考慮に入れたときには，最も辿ることが容易であるという規準でルートチョイスを行うことになる。あるいは，所要時間の期待値が最小という規準も設定できる。また，レースのコース全体を考えた場合，体力の要素も規準の中に入るだろう。レースの前半で，できるだけ体力を温存したい場合，あるいは，レースの終盤で疲労が蓄積していてミスを起こしやすい身体的状況にある場合などには，消費エネルギー最小という規準を採用することもありうる。いずれにしろ，ある量を最小にしようとする規準を設定することである。これは数学的には変分問題である。変分問題を解いて導かれたルートはその近傍で汎関数を最小（極小）にする。一般には変分問題の解としてのルートは複数存在するので，これらの中から最小のものを選ぶことになる。しかし，オリエンテーリングのように人間が瞬時のうちに判断を下さなければならないようなケースでこのよう

な思考方法を人間が採っているのかどうかは検討しなければならない。それでは，実際のテレインで変分法のようなルートチョイスのための一般の方法が適用できるかどうか考えてみよう。簡単のため，規準は所要時間最小とする。今，テレイン上には藪や池，耕作地等の障害物もなく，道もなく，均質で移動速度に影響を与える要因は地形の凹凸以外にはないとする。この場合には，理論的には，ルートチョイスは変分法を適用でき，測地線として容易に求めることができるだろう。これは，崖や亀裂など一部の例外を除いては，地形は連続的に，かつ滑らかに変化している，すなわち，微分可能なためである。ところが，ここに，植生，すなわち，林の密集の度合い，耕作地，池，道など様々なテレイン上の特徴が加えられてくると，汎関数を定義すべき空間そのものが連続的でなくなる。したがって，もはや変分法を適用してルートを選ぶことのできる要件は整っていない。最適ルートのすぐそばを通るルートが次善のルートであるとは限らないし，それが極めて通りにくいルートであることは珍しくない。では，変分法以外にルートチョイスのための一般の方法は存在しうるのだろうか。テレイン上にいる人間は，そのテレインの現在位置の近傍，すなわち微分を捕えていることを先に述べた。そして，それは大域的にテレインを捕えて，それを“微分”して求めたものではない。大域的なテレインはそれを“積分”することによって初めて把握することができる。ある積分を“微分”して得られた微分を「完全微分」といい，完全微分を“積分”すれば積分経路の如何に関わらずユニークに積分が求まる。テレイン上の人間が捕えている微分は2つの理由から完全微分ではない。1つは，人間の捕えている微分はテレインの特徴とその関係性を捕えているのみで，定量化された絶対的な空間の形態として捕えているわけではないということである。人間がテレイン内で非ホロノームな拘束を受けているとは，現在位置の定位を計量的に行っているのではなく，様々な特徴との位置関係で定位していることから生じていることを先に述べた。すなわち，テレイン内にいて現在位置を把握しようとしたり，ある地点に到達しようという目的を持った人間にとっては道が分岐しているか否かが問題なのであって，分岐の角度が何度であるという類のことは問題とはならない。道の脇に岩があるような特徴では，その岩が道の右側にあるのか，左側にあるのかが主な関心の対象であり，道からの距離が何mであるかを把握しなくても，道のすぐそばということに着目してさえいれば十分に特徴を捕えたことになるのである。したがって，それを“積分”したとしても大域的なテレインを構成することは一般にはない。このことは，単なる誤差の累積ということとは意味が異なる。測定が不正確なのではなくて，目的に対して必要十分なものを測定したにも関わらず起こりうることである。2つ目の理由は，通行可能度がテレイン内で分布を持っているということである。通行可能度が低ければ同じ距離を進むのにも時間がかかる。また，同じ時間で通過しようとすれば余計にエネルギーが必要になる。2つの地点間を踏破しようとしたとき，消費エネルギーをある値に定めたとしても踏破時間は辿ったルートによって異なる。走行速度という微分を“積分”して踏破時間を求めようとしたときには，走行速度がもし完全微分であれば2つの地点の位置だけで積分が決まってしまうが，走行速度は通行可能度に依存しているために，“積分”によってルートを必然的に決定することができず，ルートを先ず決めてから“積分”しなければならない。このことは，摩擦のある平面上の2地点を物を滑らせて移動させるときに必要なエネルギーを求めることと同様である。摩擦が一様でなければ，移動に必要なエネルギーが最小であるルートを決めるための方法は存在せず，考えられるルート全てについて必要エネルギーを求めてからでないとどのルートがエネルギー最小かはわからない。テレインの走行速度に影響を与える要因が起伏のみにあるのであれば，これは保存力の場しか与えられていないので，変分法という一般の方法

で最適ルートを求めることができるのである。完全微分でない微分を“積分”してテレインの大域的な情報を得るためには，“積分”する手順，つまり積分経路を先に決めなければならない。そして，この積分経路とは人間が移動するためのルートである。要約すると，地図というテレインの大域的情報を用いて，そこから所要時間が最小となるルートを決めることは理論的に不可能であり，ルートを先に決めてから所要時間の推定が可能になるのである。このことは，多様で不連続な自然のテレインが持っている構造上の性質である。その構造を利用してルートチョイスの問題にアプローチする一般的な方法は存在しないのである。人間がルートチョイスを行う際には，瞬時に最適ルートに近いルートを見出すことができるが，最適ルートを求めるための絶対的な方法論を持ち合わせているわけでもなく，見出されたルートが最適かどうかを判定する方法もない。

［4］積分による地図の構成における問題

人に道を尋ねられたとき，地図を描いて教えることがよくある。このとき描かれる地図は現在地から目的地まで到達することを目的として描かれる。したがって，現在地や目的地が変わった場合には，ほとんどの場合，その地図は用をなさない。それは，その地図が道を辿るという行動の手順を模式的に表現しているに過ぎないからである。すなわち，ある広がりを持った地域の大域的な状態を表わしたものとは異なる。道を教える人が描いた地図は，その人が経験で記憶している微分を繋ぎあわせたもの，すなわち，“積分”したものである。微分情報を“積分”して作られた地図は，必ずしも，鳥瞰図的な地図とは一致しない。にもかかわらず，人はその“積分”によって描かれた地図を頼りに無事に目的地に到達することができる。あるルートを定める限りにおいてはそれは人間の認識とはずれることはなく，それはりっぱに地図としての目的を達成するのである。このことは，先に述べた，“積分”によってルートが決まるのではなく，ルートを先に決めてからはじめて“積分”できるというテレインの微分の性質と一致するものである。テレインの微分が完全微分でないことはこのことからも言える。もし，テレインの微分が完全微分であるならば，道を教える人は，現在地と目的地を含む大域的な地図を描いて，そこからでなければ道を示すことはできないことになる。筆者は子供のころ，よく公園などの地図を作って遊んだ。歩きながら順を追って特徴を紙に描き入れていくと，元の場所に戻ったところでつじつまが合わなくなるという経験をよくした。今でこそコンパスワークや歩測といったテクニックを知っていて，そこそこ正確な地図が作れるが，そのようなテクニックなしに，歩き回りながらスケッチ的に地図を作っていくと，歪んだものになってしまうのが通常である。そして，その歪み方は，作り方の手順，つまり，どのような道筋に沿って作ったかということによっても変わってしまう。このことは，人間の積分能力が貧弱であるということのほかに，人間のテレインの認識が微分という形でしか行えず，そして，その微分は完全微分ではないということにも由来しているのである。人間が知識として持っている空間表象は認知地図と呼ばれているが[3]，積分として捕えられたテレインはこの認知地図に相当する。O-Map（オリエンテーリング用の地図）はこの認知地図の一般化された外的な表現としての性格を持っている。O-Map ではテレイン上の特徴物も特徴として顕在化して捕えられる物は強調され，そうでない物は省略される。例えば，同じ大きさの岩でも，岩石地帯にあり，一つの岩として個別に捕えられることのない場合には地図には表示されない。それは，岩石地帯というまとまりとしての表示に留まる。しかし，小さい岩であっても，それが特徴として明確に捕えられる場合には表示される。また，道などは人間にとって移動するという手段と深い関わりを持つものであるから，縮尺とは無関係に太く描かれ，明示される。

このように，O-mapの作成は認知地図の一般的外在化というテーマを含んであり，この観点からさらに検討されなければならないだろう。

[5] 終 わ り に

ペルーに「ナスカの地上絵」という地面に描かれた巨大な絵があることは非常に有名である。この絵は地上にいて見ていても単なる複数の溝としてしか認識されないそうである。飛行機などない古代に高い上空から見ることによってしか意味のない絵が何故描かれたかは謎として語られている。この例のように，局所的に捕えられた構造と大局的に捕えられた構造が別の意味を持つことがある。本稿では，微分，積分の考え方を使ってオリエンテーリングという競技において現われる諸問題についてその性質を説明することを試みた。現在のように測量技術が進歩した時代では，地図は精巧に作成することができ，大域的にテレインを把握することは容易であるが，かつて，地球が丸いかどうかという議論さえあったように，中世，あるいは日本においては江戸時代以前に作られた地図は認知地図的な色彩が強かった。コンパスワークと歩測という限られた技術しか許されていないオリエンテーリングの競技の場面では，現在においても，このかつて議論されていた大域的テレインの把握というテーマが厳然と首をもたげてくるのである。そして，今回は微分，積分の考え方から説明を行ってきたが，局所的テレインの積分による大域的テレインの構成の問題とは，まさに多様体の問題にほかならない。この観点から今後も検討を加えられなければならないテーマであろう。

参 考 文 献

1）Ernst Mach，野家　啓一（編訳）：時間と空間，法政大学出版局，1977.
2）中村　仁彦：非ホロノミックロボットシステム，日本ロボット学会誌，Vol. 11，No. 4，pp 41－48，1993.
3）岡本　耕平，中村　豊，本間　道子，長山　泰久ほか（編）：空間移動の心理学，pp 107－144，福村出版，1992.
4）渡辺　京子，松村　道一：最新脳科学，pp 54－58，学習研究社，1988.
5）山口　裕一：人はなぜ道に迷うか，筑摩書房，1995.