



# HOKKAIDO UNIVERSITY

|                     |                                                                                                                                                               |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title               | Studies on Heuristic Approach with Priority Rules for Extended Job-shop Scheduling Problem [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review] |
| Author(s)           | 横山, 想一郎                                                                                                                                                       |
| Degree Grantor      | 北海道大学                                                                                                                                                         |
| Degree Name         | 博士(情報科学)                                                                                                                                                      |
| Dissertation Number | 甲第12180号                                                                                                                                                      |
| Issue Date          | 2016-03-24                                                                                                                                                    |
| Doc URL             | <a href="https://hdl.handle.net/2115/61586">https://hdl.handle.net/2115/61586</a>                                                                             |
| Rights(URL)         | <a href="https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/">https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/</a>                                     |
| Type                | doctoral thesis                                                                                                                                               |
| File Information    | Soichiro_Yokoyama_abstract.pdf, 論文内容の要旨                                                                                                                       |



## 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称    博士（情報科学）    氏名   横山   想一郎

### 学 位 論 文 題 名

Studies on Heuristic Approach with Priority Rules for Extended Job-shop Scheduling Problem  
( 拡張ジョブショップスケジューリング問題に対する割り付け規則を用いた近似解法 )

本論文は、組合せ最適化問題のなかでも実世界において幅広い応用範囲を持つ、ジョブショップスケジューリング問題 (Job-shop Scheduling Problem; JSP) を対象とし、効率的な近似解法の開発を目的とする。特に、実世界の問題における課題をよりの確に表現するため、制約の追加または目的関数の変更などを施した拡張 JSP に着目し、割り付け規則による効率的な近似解法の提案および有効性の議論を行う。

JSP は、複数の仕事を限られた機械により並行して処理する際に、すべての仕事を終える時刻を最小化するスケジュールを求める問題であり、代表的な組合せ最適化問題の一つである。計算複雑性理論において、JSP は NP 困難に属する問題であるため、効率的な近似解法を求める研究が盛んに行われている。JSP に対する近似解法の初期の研究においては、割り付け規則による近似解法を扱うものが多い。割り付け規則は、JSP に対し実行可能な解候補を列挙する際に、あらかじめ与えられた規則に基づき、一つの解を選択する方法であり、その単純さと柔軟性から実用においても幅広く用いられてきた。しかし、遺伝的アルゴリズムや局所探索をはじめとするメタ解法との比較において、割り付け規則による解法は解を導出する速度の点で優れるものの、導出される解の精度に劣る。このため、計算機性能の向上により、近年の JSP に対する近似解法の研究は、メタ解法によるものが中心となっている。一方で、実世界のスケジューリング問題は、必ずしも JSP と同一の制約を持たないため、JSP の解法に関する研究成果を応用する際には、こうした点に対処しなければならない。そこで、一般的な JSP に制約や目的関数の変更を加えた拡張 JSP が数多く考案され、拡張 JSP に対する近似解法の性能もまた近年議論されている。拡張 JSP は、多くの場合において一般的な JSP と比較し探索対象となる解の総数が増加するため、高速な解の導出を特徴とする割り付け規則による解法が、既存の近似解法の性能向上に寄与することが期待される。

本論文では、拡張 JSP の中から納期遅れの最小化とフレキシブル JSP(Flexible JSP; FJSP) の 2 つに着目し、既存の近似解法に割り付け規則を導入することで、より効果的な近似解法が得られることを明らかにする。また、それぞれの拡張 JSP について、変更される制約が異なることから、割り付け規則による解法を追加する際にも異なるアプローチが必要であることを示す。納期遅れの最小化問題では、個々の仕事について納期が個別に設定され、それぞれの仕事についての納期遅れ和を最小化するスケジュールの導出が目的とされる。このため、割り付け規則を設定する際に、納期までの余裕時間が指標として利用可能であるため、一般的な JSP と比較して割り付け規則がより高精度な解を導出することが期待される。そこで、割り付け規則を既存の近似解法が探索途上に導出する解を、割り付け規則により改善する方法を提案し、その有効性を検証する。一方で、FJSP は、探索空間内に存在する解の総数が一般的な JSP と比較し増加することを特徴とする。一般的な JSP において、個々の仕事を処理可能な機械はただ一台に限定されるが、FJSP においては複数台の機械が利用可能とされ、解を導出する際にこれらの機械群から一台の機械を指定しなければならない。このため、探索空

間内の解から集中して探索を行う対象の解を事前に限定することの必要性が予想され、割り付け規則による探索範囲の効率的な削減が、効果的に働くと期待される。

本論文は、全 5 章で構成される。第 1 章では研究背景および目的を述べ、JSP の数理モデルを記述した上で、割り付け規則やメタ解法などの既存の近似解法を概説し、その際に用いられるスケジュールの表現方法を説明する。第 2 章では本論文で対象とする納期遅れ最小化と FJSP の 2 つの拡張 JSP を記述し、それぞれに対し効果的とされる既存の近似解法を概説する。さらに、一般的な JSP との間で予想される差異を述べ、割り付け規則の効果的な適用方法を検討する。第 3 章では、納期遅れ最小化を目的とする拡張 JSP に対する近似解法の研究成果をまとめる。納期に関する情報を利用した割り付け規則を、既存のメタ解法を用いる近似解法に導入することで、より効果的な近似解法が得られることを示す。既存の近似解法が導く解を割り付け規則により更に改善する際には、暫定解と割り付け規則の双方を反映する解の導出手順が必要となる。そこで、割り付け規則を暫定解の限られた範囲に適用することで、暫定解と割り付け規則の双方を反映した新たな解を導出する手続きを導入し、これを既存の近似解法に導入することでより高精度な解法を提案する。数値計算実験により、提案する近似解法が既存の方法を改良することを示し、JSP の応用における割り付け規則の可能性を明らかとした。第 4 章では、FJSP に対する近似解法の研究成果をまとめる。一般的な JSP と比較し増加した探索空間内の解から、探索範囲を効果的に限定するため、既存の遺伝的アルゴリズムによる多点探索を用いたメタ解法に、割り付け規則による既存解法を導入する。具体的には、多点探索におけるそれぞれの解について、割り付け規則による解がより高い評価を持つ場合に、割り付け規則による解で多点探索による解を置き換える。様々な FJSP に対して適用した結果から、いくつかの特徴的な問題において、割り付け規則は既存の近似解法の性能を大きく向上させることが判明した。さらに、納期遅れ最小化に対して用いた限定的な割り付け規則の適用による暫定解の改善は、FJSP においては解の精度を大きく改善しないことが明らかとなった。ここから、FJSP において、割り付け規則が探索範囲を効果的に限定することが可能な条件が限られること、割り付け規則は探索範囲の絞り込みに特に効果を発揮することの 2 点が示された。最後に第 5 章において本論文の結論を記述し、今後の展望を述べる。