報告番号	※甲　　第　　号

主　論　文　の　要　旨

論文題目　　ドビー織機の綜絖枠数最小化に関する研究

氏　　名　　松浦勇

論　文　内　容　の　要　旨

織機では，たて糸を上下2つの層に分離して，その間によこ糸を通すことにより織物を製造する．たて糸の2つの層への分け方を変化させることにより織物の文様（織物組織）が形成される．たて糸を2つの層に分けることを開口といい，織機は装着した開口装置の機構の違いにより分類される．ジャカード織機は複雑な織物組織を製織することができるが，極めて高価である．ドビー織機はジャカード織機ほど複雑な織物組織を製織することができないが，たて糸の太さ，密度等の変更が容易で小ロット生産にも対応しやすいという利点がある．

長目綜絖はもともと，ジャカード織機において大きな文様の織物を製織する際に使われていた．ドビー織機に長目綜絖を導入して，必要綜絖枠数を減少させて織物を製織する方法が知られているが，この方法が適用されてきた織物は千鳥模様，たて朱子織などの特定の模様に限られていた．本研究の目的は，長目綜絖を導入したドビー織機において，特定の模様に限らず，一般の織物組織を製織する場合の長目綜絖導入の効果を明らかにすることである．具体的には以下のように問題の数理的な定式化とアルゴリズムの提案，それに，計算機実験を行った．

第1章では，製織の原理，織方図，綜絖など製織に関する基礎的なことがらについて説明している．次に，普通綜絖と長目綜絖の違いや本研究における長目綜絖の導入方法について述べ，ドビー織機に長目綜絖を導入することにより必要綜絖枠数が減少する織物組織があることを示している．最後に，本研究の目的，本論文の構成を述べている．

第2章では，たて糸4本，よこ糸4本からなる織物組織を対象に，普通綜絖のみを使用した場合と長目綜絖を併用した場合とで，製織可能な織物組織数を数え上

げ比較している．対象とする織物組織は，製織工場において実際に製織されるものの中では小さなサイズの織物組織ではあるが，長目綜絖導入の効果を評価することができる．与えられたたて糸本数，よこ糸本数からなる織物組織を数え上げる研究はこれまでも多くなされている．しかし，たて糸本数，よこ糸本数が増加すると織物組織数は急激に増加し，計算が複雑となるため，従来の研究で対象としている織物組織のたて糸本数とよこ糸本数の積の最大値は18（たて糸6本，よこ糸3本）である．本章では綜絖枠枚数が3枚の場合を考察の対象とした．つまり，普通綜絖を使った場合であれば4枚の綜絖枠が必要な織物組織の中で，長目綜絖を用いることにより，綜絖枠3枚で製織可能になる織物組織数を数えた．

対象とする織物組織では，第一種等価組織を除くと1,446通りの織物組織が存在する．4枚の綜絖枠があれば，これらすべてを製織できるが，3枚の綜絖枠で普通綜絖のみを使う場合に製織可能な織物組織は，この中の336通りである．長目綜絖を導入することで，綜絖枠3枚のときに新たに製織可能となる織物組織は354通りであることが分かった．つまり，綜絖枠3枚で製織可能な織物組織は336通りから690通りに増加する．

第3章では，綜絖枠数最小化問題に対するアルゴリズムを提案している．この問題は，与えられた織物組織に対し長目綜絖を導入したドビー織機によりその織物を製織するのに必要な最小の綜絖枠数を求める問題である．m行n列のブール行列Aのブール階数（Boolean rank）とは，Aをm行r列のブール行列Bとr行n列のブール行列Cのブール積$A = BC$として表現することができる最小のrのことをいう．

まず，長目綜絖を導入したときに必要な最小綜絖枠枚数が，組織図に対応するブール行列のブール階数であることを示した．更に，ブール階数を求める問題がグラフの2部クリーク被覆問題に変換できることを示した．更に，この問題がグラフ彩色問題に変換できることを示した．グラフ彩色問題は代表的な組合せ最適化問題であり，多くの発見的アルゴリズムが提案されている．これらのアルゴリズムを適用することで，綜絖枠数を最小化するアルゴリズムを得ることができ，グラフ彩色問題の解から織方図を求めることができる．実際に織物として生産されている706種類の織物組織に対して実験を行った．その結果，8枚の綜絖枠が装着された織機で普通綜絖のみを使用する場合に製織可能なものは474種類であるが，長目綜絖を導入することにより製織可能なものが539種類に増加することが分かった．また，16枚の綜絖枠が装着された織機であれば製織可能なものは691種類から696種類に増加し，長目綜絖導入の効果を確かめることができた．

第4章では，前章で綜絖枠数最小化問題と等価であることを示したグラフの2部

クリーク被覆問題を，更に集合被覆問題に変換し，整数計画ソルバで解く方法を提案している．更に，実際にドビー織機で製織されている織物組織に対して実験を行い，その有効性を確認した．集合被覆問題に変換せずに直接的に整数計画問題として定式化し整数計画ソルバで解く方法と比べ，格段に少ない変数，制約式で問題を記述することができ，計算時間を大幅に短縮することができた．実験の対象とした706の織物組織のうち，2つの問題例を除き他のすべての織物組織に対し最小綜絖枠枚数を厳密に求めることができた．

第5章では，綜絖枠数最小化問題に，たて糸張力が常に均一になるという，より実際的な制約を加えた均一張力綜絖枠数最小化問題について考察している．製織時のたて糸張力には推奨される適正値があり，適正値より高い場合，低い場合のいずれの場合でも，たて糸張力の不均一により生産性の低下，織物の欠陥が発生しやすくなる．そのため，製織工場においては，製織時のたて糸張力の管理には細心の注意が払われる．長目綜絖を導入した織機では，1本のたて糸を複数の長目綜絖に通すことが可能である．しかし，たて糸が2つ以上の長目綜絖の上昇により開口された場合においては，たて糸が普通綜絖により開口されたときと比べると，たて糸が通る経路が長く，たて糸張力が増大する．そこで，所望の織物を長目綜絖を導入して製織する場合，開口されるたて糸が，ただひとつの長目綜絖によってのみ開口するような最小の綜絖枠数の織方図を求める問題を考えた．この問題を，均一張力綜絖枠数最小化問題と呼ぶ．m行n列のブール行列Aがm行r列のブール行列Bとr行n列のブール行列Cの積$A = B \times C$として表現することを考える．右辺はブール積ではなく，通常の行列の積である．Aの排他的ブール階数（exclusive Boolean rank）とは，このようにブール行列BとCの積で表したときの最小のrのことをいう．

本章では，まず，均一張力綜絖枠数最小化問題がブール行列の排他的ブール階数を求める問題と等価であることを示した．次に，排他的ブール階数問題が2部グラフのクリーク分割問題に変換できることを示した．これを使い，均一張力綜絖枠問題に対する発見的アルゴリズムを提案した．706種類の織物組織に対して実験を行った結果，35種類の織物組織について，少ない綜絖枠枚数の織機で製織できることがわかった．