

第49号

令和7年6月16日

博士學位論文

内容の要旨及び審査結果の要旨

(令和6年度 後学期授与分)

金沢工業大学

目 次

◇博士

(学位記番号)	(学位の種類)	(氏名)	(論文題目)
博甲第 136 号	博士(工学)	多賀 雅勝	薄肉射出発泡成形品の外観品質向上に関する研究 5
博甲第 137 号	博士(工学)	渡部 佳月	誘電体の帯電現象に着目した大気圧空气中均一バリア放電の発生メカニズムに関する研究 10
博甲第 138 号	博士(学術)	伊藤 隆太	特許情報を活用した新規事業候補探索システムの研究 15

は し が き

本誌は、学位規則（昭和 28 年 4 月 1 日文部省令第 9 号）第 8 条の規定による公表を目的として、本学において博士の学位を授与した者の論文内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を収録したものである。

氏名	たが まさかつ 多賀 雅勝	
学位の種類	博士（工学）	
学位記番号	博甲 第136号	
学位授与の日付	令和7年3月14日	
学位授与の要件	学位規則第4条第1項相当	
学位論文の題目	薄肉射出発泡成形品の外観品質向上に関する研究	
論文審査委員	(主査) 教授 山部 昌 教授 瀬戸 雅宏	
	教授 吉田 啓史郎	
	教授 斉藤 博嗣	
	日本大学生産工学部 機械工学科	
	特任教授 高橋 進	

論文内容の要旨

樹脂外装成形部品に対する部品肉厚の薄肉化による軽量化を目指している。薄肉化を行うと部品剛性を満たさないため、補強リブを自由な位置に配置したいという設計上のニーズに対し、リブ裏面のヒケが外観上の課題となる。それに対し、射出成形法の一つである発泡成形を用いてヒケを抑制するという研究開発を行った。具体的には本研究において発泡成形手法として化学発泡剤を使用したショートショット法を用い、ポリプロピレンにゴム・タルクが配合された自動車外装用材料での検証を行った。発泡成形とは熔融樹脂に発泡剤や超臨界ガスを混ぜ、型内で発泡させる工法である。リブ部での収縮差によって発生するヒケに対して、樹脂内部から収縮より高い圧力＝発泡力を発生させることで、リブヒケ抑制を可能とする。しかし、発泡成形特有の課題として表面に引っかき傷のようなスワールマーク、凹形状のアバタといった外観不具合が発生する。スワールマークは発生メカニズム、抑制方法共に既知だが、アバタメカニズムは不明瞭である。

そこで本論文ではリブヒケ抑制のために外観部品に発泡成形を適用することに必要不可欠な、発泡特有の課題解決を行う。発泡特有の課題であるスワールマーク抑制と共にアバタの発生メカニズムを明らかにした。そのうえでリブヒケ抑制と同時に発泡特有の課題の解決を試みた。

第一に表面観察と金型内の樹脂流動の可視化実験にて、アバタの発生過程について検討した。結果としてアバタには2種類のモードがあることを発見した。サーモカメラと光学カメラによる可視化実験にて、アバタの生成過程を観察した結果、1つ目は楕円形状のアバタで、小さな表面欠損があることからスワールマークの破泡に起因して生成されることが推察された。破泡痕と型間の境膜が断熱効果を持ち、冷却固化時に収縮差が発生することがわかった。2つ目は円形のアバタで、スキン層が型面を転写した後、表面温度にバラつきが生じることで発生する温度起因という事を推察した。成形品の表面観察から型への

転写痕があることからアバタは収縮に起因することが明らかになった。

第二に射出発泡成形における外観不具合，成形品表面全体に発現したアバタの分布と数に対して，CT スキャンを用いて成形品内部における気泡径の分布と気泡数との関係を検証した．具体的にはPP 内のフィラー，ゴムとタルクによって発泡状態を変化させ，成形品表面における全体的なアバタと気泡の関係を明らかにした．更に局所的なアバタと気泡との関係を把握するため，アバタ単体に着目し，成形品外観と断面の観察結果から，アバタと周辺の樹脂内部における発泡状態との関係を明らかにした．結果として全体的なアバタ観察を行った結果，ゴムとタルクが共に配合された複合材は，ゴムでの気泡肥大化抑制とタルクでの気泡数増加と気泡微細化の核剤効果により気泡のばらつきが抑えられ，その相乗効果により表面全体のアバタが抑制される傾向があることがわかった．また，局所的なアバタ観察を行った結果，アバタはアバタ直下と周辺に気泡が多い部分と少ない部分，気泡の密集度に違いを有する部分に発生していることから，局所的なヒケであるということを示した．

第三にフィラー，特に発泡助剤としての効果が高いタルク添加量を変更した実験により発泡特有の課題であるスワールマークとアバタ，そしてリブヒケを同時に抑制する条件の検討を行った．その結果，スワールマーク抑制のために必要なガスカウンタープレッシャー成形法（以後，GCP 法）を適用するとリブ部での発泡タイミングを制御することができ，発泡によるヒケ抑制効果を高めることが確認された．また，リブと一般板厚部においてGCP によりフローフロントでの気泡核生成を抑えることで，スキン層付近への気泡核移動が阻害され，成長する気泡を少なくすることから気泡の無いスキン層を厚く形成できることが表面の収縮によるリブヒケとアバタに対し抑制効果を持つことが明らかになった．そして，タルク量については比例して気泡数が増加，そしてピークを迎えることを確認した．アバタについてはタルク添加量を増やすことで減少する傾向があることが分かった．GCP 法によるフローフロントでの破泡抑制効果に加え，タルク自体が樹脂内に分布することで，スキン層付近において気泡を生成する余地が無くなり，結果的にスキン層が厚くなることで収縮を少なくできた．タルクを増やし，GCP 法との組み合わせにおいてアバタを抑制可能という設計指針を得た．

射出発泡成形のショートショット法においてリブヒケとアバタ抑制を両立させるにはいずれも収縮が発生する際に気泡数の成長を行うことと，気泡数の増加と均一分布させることが必要である．そのため，リブヒケ抑制にはスキン層が形成され収縮が始まる際に気泡成長による型へ押し付ける力が必要であり，冷却固化完了時まで気泡成長を継続させることが重要である．アバタを抑制するにはスワールマークの抑制，かつ冷却固化時にスキン層表面にて収縮差を生まないよう，気泡成長を継続させ，気泡の均一分布やスキン層付近への気泡核の移動を抑制することが必要である．本論文ではアバタの生成過程を実際に観察することにより，今まで結果系で推察するしかなかった現象についてメカニズムを明確にすることができ，局所的なヒケであるアバタ現象に対する対策として，表面欠損を生むスワールマークの抑制と冷却固化時の収縮に対する内圧向上，またはスキン層形成を遅ら

せ収縮差を小さくする断熱コートなどの方策が有効であることを改めて明らかにした。最終的な目標であるリブヒケに対しては、材料に含まれるフィラー、タルクを増やすことによりリブでの気泡生成を促進と GCP 法による発泡タイミング制御と気泡を含まないスキン層の厚肉化効果が有効であり、一般板厚部においても同様なことからヒケとアバタ、収縮を起因とした現象に対して効果が両立するという設計指針を得た。

論文審査の結果の要旨

自動車などの輸送機器分野においては環境規制の拡大により、軽量化のニーズはますます増加傾向にあり、金属材料部品の代替として樹脂化が進んでいる。その中で自動車用外装部品に対するさらなる軽量化として、射出成形品の薄肉化が取り組まれている。このための手段として、射出発泡成形が注目されている。しかしながらこの成形法では発泡箇所での強度を損なわないためにも、補強リブを配置したいという設計上のニーズに対し、リブの設置に伴って発生が制御し難い外観上の品質低下をきたし、その解決が課題となる。そこで本研究においては射出発泡成形手法としてショートショット法を用い、主材料であるポリプロピレン（以後 PP と略記）にゴムおよびタルクが配合された自動車外装用材料を対象として検討を行った。射出発泡成形とは熔融樹脂に発泡剤を混ぜ、型内で発泡させる工法である。リブ部での収縮差によって発生するヒケに対して、樹脂内部から収縮より高い圧力＝発泡力を発生させることで、リブヒケ抑制を行う手法である。しかし、発泡成形特有の課題として表面に引っかき傷のようなスワールマーク、凹形状のアバタといった外観不具合が発生する。スワールマークは発生メカニズム、抑制方法共に既知だが、アバタ発生のメカニズムは明らかになっていない。そこで本論文では射出発泡成形特有の課題であるスワールマーク抑制と同時にアバタの発生メカニズムを明らかにする。

まずは取り組みとして表面観察と金型内の樹脂流動の可視化実験により、アバタの発生過程について検討した。サーモカメラ光学カメラによる可視化実験にて、アバタには2種類のモードがあることを発見した。1つ目は楕円形状のアバタで、小さな表面欠損があることからスワールマークの破泡に起因して生成されることが推察された。2つ目は円形のアバタで、スキン層が型面を転写した後、表面温度にバラつきが生じることで発生する温度起因という事を推察した。成形品の表面観察から型への転写痕があることからアバタは収縮に起因することがわかった。次に射出発泡成形における外観不具合、成形品表面全体に発現したアバタの分布と数に対して、CT スキャンを用いて成形品内部における気泡径の分布と気泡数との関係を検証した。具体的には PP 内のフィラー、ゴムとタルクによって発泡状態を変化させ、成形品表面における全体的なアバタと気泡の関係を明らかにした。更に局所的なアバタと気泡との関係を把握するため、アバタ単体に着目し、成形品外観と断面の観察結果から、アバタと周辺樹脂内部における発泡状態との関係を明らかにした。結果として全体的なアバタ観察を行った結果、ゴムとタルクが共に配合された複合材は、ゴムでの気泡肥大化抑制とタルクでの気泡数増加と気泡微細化の核剤効果により気泡のばらつきが抑えられ、その相乗効果により表面全体のアバタが抑制される傾向があることがわかった。また、局所的なアバタ観察を行った結果、アバタはアバタ直下と周辺に気泡が多い部分と少ない部分、気泡の密集度に違いを有する部分に発生していることから、局所的なヒケであるということを確認した。

次にフィラー、特に発泡助剤としての効果が高いタルク添加量を変更した実験により発泡特有の課題であるスワールマークとアバタ、そしてリブヒケを同時に抑制する条件の検討を行った。その結果、スワールマーク抑制のために必要なガスカウンタープレッシャー

成形法（以後、GCP 法）を適用するとリブ部での発泡タイミングを制御することができ、発泡によるヒケ抑制効果を高めることが確認された。射出発泡成形のショートショット法においてリブヒケとアバタ抑制を両立させるにはいずれも収縮が発生する際に気泡数の成長を行うこと、気泡数の増加と均一分布させることが必要である。そのため、リブヒケ抑制にはスキン層が形成され収縮が始まる際に気泡成長による型へ押し付ける力が必要であり、冷却固化完了時まで気泡成長を継続させることが重要である。アバタを抑制するにはスワールマークの抑制、かつ冷却固化時にスキン層表面にて収縮差を生まないよう、気泡成長を継続させ、気泡の均一分布やスキン層付近への気泡核の移動を抑制することが必要である。本論文ではアバタの生成過程を実際に観察することにより、今まで結果系で推察するしかなかった現象についてメカニズムを明確にすることができた。また、局所的なアバタ現象に対する対策として、表面欠損を生むスワールマークの抑制と冷却固化時の収縮に対する内圧向上、またはスキン層形成を遅らせ収縮差を小さくする断熱コートなどの方策が有効であることを明らかにした。最終的な目標であるリブヒケに対しては、材料に含まれるフィラー、タルクを増やすことによりリブでの気泡生成を促進と GCP 法による発泡タイミング制御と気泡を含まないスキン層の厚肉化効果が有効であり、一般板厚部においても同様なことからヒケとアバタ、収縮を起因とした現象に対して効果が両立するという設計指針を得た。

本論文の構成は以下のとおりである。

第 1 章では薄肉樹脂外販のリブヒケを発表し、これを解決するために射出発泡成形を適用した背景が述べられている。

第 2 章では射出発泡成形での代表的な不具合であるスワールマークやアバタについて GCP 法の適用による解決策を定量的に示した。この際、スワールマークは解決できても、アバタの発生を抑えることができなかったことが示された。

第 3 章では、このアバタ発生メカニズムについて、その生成過程を金型内可視化手法を用いて動画に可視化し成形品の表面を学的におよぼす温度分布の推移を考察して、発生メカニズムを推察した。

第 4 章では CT スキャンによる成形品断面での気泡発生状況の定量分析を行い、3 章で確認されたアバタ発生過程を補完した。

第 5 章では発泡助剤の添加量を変更することで発泡特有の課題であるスワールマークやアバタの同時抑制条件を明確にし、使用される材料組成を変更させて、効果的な材料組成を提案し、従来よりも表面品質を高める指針を得た。

本論文は総括し、得られた成果に基づき設計指針を提案するとともに、今後の課題と展望を明確にした。

以上より本論文は、自動車部品の軽量化のニーズが高まる中で、薄肉射出発泡成形過程における外観欠陥の課題に対し、工学的にも工業的にも有用な研究成果を得たものであり、学位論文として十分価値あるものであると判断する。したがって著者多賀雅勝君に対し、学位論文を博士（工学）の学位として授与するに十分に値すると判断する。

氏名	わたなべ かづき 渡部 佳月
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	博甲 第137号
学位授与の日付	令和7年3月14日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項相当
学位論文の題目	誘電体の帯電現象に着目した大気圧空气中均一バリア放電の発生メカニズムに関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 大澤 直樹 教授 宮城 克徳 教授 深見 正 東京都立大学大学院 システムデザイン研究科 電子情報システム工学域 教授 朽久保 文嘉 富士電機株式会社 技術開発本部先端技術研究所 岡本 健次

論文内容の要旨

誘電体バリア放電 (Dielectric Barrier Discharge : DBD) は、電極間に1枚以上の誘電体を挿入し、交流高電圧を印加することで発生するストリーマ放電の集合体である。このDBDは、主にオゾン発生装置や高分子材料の表面処理などに応用されている。しかし、表面処理においては、ストリーマ放電の発生本数や発生位置がランダムであるため、材料表面の化学反応の制御や処理の均一性が高くないといった課題がある。DBDは窒素を用いることで、ストリーマ放電が発生しない大気圧タウンゼント放電の一種である大気圧タウンゼント放電 (Atmospheric Pressure Townsend Discharge : APTD) となることが知られている。窒素中での発生メカニズムでは、準安定窒素分子同士の衝突によって種電子が生成されることが重要と考えられている。2010年に、特定の誘電体材料を用いることで、空気中でもAPTDが発生することが見出された。空気中でのAPTDの発生には、誘電体表面に蓄積された多量の電子が電界によって放出され、これが種電子となり、電子なだれを経て放電に成長していくことが重要と予想されている。空気中でのAPTDの発生メカニズムを解明することは、表面処理技術をはじめとした幅広い産業分野での均一DBD装置の開発に貢献できる。

これまで、空気中でAPTDを発生できる誘電体と発生できない誘電体を用いて、それぞれの帯電特性について調べられてきた。これは、帯電量が多ければ、放出される種電子の量も多いと予想されたためである。しかし、これまでの研究では、帯電の有無や帯電量が空気中でのAPTDに及ぼす影響といった、帯電と放電に関する詳細について明らかにできていなかった。そこで本研究では、空気中でのAPTDの発生メカニズムを明らかにするた

めに、誘電体表面の帯電現象が APTD の発生に及ぼす影響について調べることを目的とした。

(1) 帯電の有無や蓄積電荷量が APTD の発生に及ぼす影響

APTD を発生できる誘電体は、蓄積される電荷量が多く、帯電状態を維持しやすい特徴がある。このため、APTD を発生できる誘電体でも、誘電体表面が帯電していない状態では、APTD は発生しないと予想される。ここでは、誘電体表面が帯電していない状態で DBD 装置に電圧を印加したときの APTD の発生の有無を調べた。放電電流の時間波形から誘電体表面への蓄積電荷量を求め、これと APTD 発生との関係を明らかにした。その結果、次のことを明らかにできた。

1) APTD を発生できる誘電体を用いても、誘電体表面が帯電していない状態では APTD が発生しない。

2) 直前の放電による誘電体表面への蓄積電荷量が少ないと APTD が発生しない。

(2) 誘電体表面の蓄積電荷量と APTD 発生の関係

放電電流の時間積分から誘電体表面への蓄積電荷量を推定するだけでなく、実際に測定された帯電量と APTD 発生の関係を明らかにする必要がある。そこで、表面電位計を用いて電荷量を定量的に評価する誘電体表面電位分布を測定し、帯電現象と APTD 発生の関係を議論した。放電電流の出現時刻、放電電流量、誘電体表面電位分布の変化量から、帯電の有無や蓄積電荷量が APTD 発生に与える影響を明確にした。また、印加する交流電圧に休止時間を設けて帯電電荷を制御し、帯電量と APTD 発生の関係について調べた。その結果、次のことを明らかにできた。

1) 放電電流の時間積分から推定した蓄積電荷量と、放電発生前後の帯電分布の変化量から求めた蓄積電荷量が一致することを確認した。このことから、ここで提案する帯電分布の測定手法が妥当であることを確認した。

2) APTD を発生できる誘電体でも、蓄積電荷量が少ない場合は APTD が発生しない。

3) t_{OFF} が短い場合は APTD が発生し、 t_{OFF} を長くするとストリーマ放電や APTD が順次発生するようになる。

さらに t_{OFF} を長くするとストリーマ放電の発生する。 t_{OFF} を長くすると直前の放電によって生成されたギャップ中のイオンが誘電体表面に衝突することにより、誘電体表面電位が低下する。これにより表面電位分布の変化が大きくなり、ギャップ中の正イオンが誘電体表面に衝突することによって種電子が生成されると考えられる。

以上を踏まえると、空気中での APTD の発生には、1) 誘電体表面が十分に帯電していること、2) ギャップ中に残存しているイオンが存在しているタイミングで誘電体表面に衝突し、二次電子放出によって電子が連続的に供給されることが重要であるといえる。

これまで、空気中での APTD の発生メカニズムについて、放電発生の起点となる種電子の放出は、誘電体表面に蓄積した電子が電界によって脱離することが一般的に考えられてきた。しかし、本研究の結果から、空気中での APTD 発生の起点となる種電子は、前放電

によって生成されたギャップ中の正イオンが誘電体表面に衝突することによって放出されると考えられる。特に、残留する量のイオンが存在する条件を制御することで、APTDを空气中で安定的に発生できることを示すことができた。これは、未活用だった新たな大気圧空気プラズマプロセスの開拓に有用である。

論文審査の結果の要旨

大気圧空気中で発生する低温プラズマの一種である誘電体バリア放電 (Dielectric Barrier Discharge : DBD) は、熱に弱いオゾンの発生装置や高分子材料の表面処理装置などに利用されている。DBD は、ナノ秒オーダーで発生と消滅を繰り返すフィラメント状のストリーマ放電の集合体であり、その発生位置やタイミングはランダムである。このため、プラズマ化学反応の制御性やプラズマ処理の均一性に課題がある。この課題を解決するため、ストリーマ放電の伴わない空間一様に発生する均一 DBD に関する研究が盛んに行われている。

2010 年、誘電体材料にある種のアルミナを使用することにより、大気圧空気中でもストリーマ放電の伴わない均一 DBD を発生できることが発見された。電流波形や放電発光の観察により、この放電は、大気圧空気中で発生するタウンゼント放電 (Atmospheric Pressure Townsend Discharge : APTD) であることが明らかにされた。その後、放電空間に供給されるガスの種類や誘電体材料特性などが APTD の発生に及ぼす影響が精力的に研究され、誘電体表面の帯電量が多くなると APTD を発生できることが定性的にわかってきた。しかし、APTD の発生に不可欠な帯電電荷量の定量評価は行われていない。

本論文では、上述を踏まえ、半球棒電極とアルミナ被覆平板電極で構成される DBD 装置を用いて、誘電体表面の帯電電荷量が APTD の発生に及ぼす影響、誘電体の帯電現象に着目した大気圧空気中での APTD の発生メカニズムの解明を目的とした。本論文の構成および概要は以下の通りである。

第 1 章では、本研究の実施に至った学術的背景を述べ、本研究の論点を整理している。

第 2 章では、本研究に関する基礎知識として、一般的な DBD 装置の基本構造、ストリーマ放電を伴う一般的な DBD の電流波形、放電様相ならびに発生原理を整理している。

第 3 章では、2000 年に発見された大気圧窒素中での APTD の発生メカニズムを紹介し、そのメカニズムは、大気圧空気中での APTD の発生を説明できないことを述べている。また、大気圧空気中における APTD の発生では、誘電体表面の帯電現象が重要な役割を果たしていることを述べている。

第 4 章では、大気圧空気中での APTD を発生できる DBD 装置を用いて、誘電体表面が帯電していない状態で DBD 装置に電圧を印加したとき、印加電圧の制御や休止時間を設けると APTD がどのように発生していくのかを明らかにしている。印加電圧を上昇させた場合、誘電体表面の帯電電荷量が増加する傾向を明らかにし、放電電流の時間積分から求めた蓄積電荷量が APTD の発生様相に及ぼす影響を明らかにしている。

第 5 章では、非接触型の表面電位計を用いて誘電体表面の電位分布を測定する手法を開発し、大気圧空気中にて、誘電体表面の帯電電位量が APTD の発生に及ぼす影響と APTD 発生時の電流様相の時間変化を明らかにしている。さらに、電圧印加前および交流電圧に休止時間を設けた場合においても、APTD のトリガーとなる種電子を確認し、種電子は前放電によって残留したギャップ中の正イオンが誘電体表面に衝突することによって生成されることを明らかにしている。

第 6 章では、本研究の結果を総括して考察を行い、本研究成果が、新たな大気圧空気プラズマプロセスの開拓に有用であることを述べている。

本研究成果は、博士後期課程在学中において、査読付き論文 2 編、国際会議での発表 2 件、国内会議での発表 4 件であり、すべて申請者が筆頭著者として発表している。静電気学会での穴戸奨励賞や増田賞の受賞を含め、これらの業績は申請論文の研究成果が学会において高い評価を得ていることを客観的に示すものである。

よって、本論文は博士（工学）の学位に十分値すると判断する。

氏名	いとう りゅうた 伊藤 隆太
学位の種類	博士（学術）
学位記番号	博甲 第138号
学位授与の日付	令和7年3月14日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項相当
学位論文の題目	誘特許情報を活用した新規事業候補探索システムの研究
論文審査委員	（主査）教授 杉光 一成 教授 加藤 浩一郎 教授 中沢 実 立命館大学大学院 テクノロジー・マネジメント研究科 教授 小田 哲明

論文内容の要旨

企業において自社が成功する新規事業を育ていく重要性は近年、益々高まっている。企業の知財部門でもここ数年、IP ランドスケープを用いて企業の事業戦略・経営戦略に有益な情報を提供することが企業の知財部門に求められている。

IP ランドスケープとは、知財情報及び非知財情報を分析し、現状の俯瞰・将来展望を事業責任者・経営者に提示することで事業戦略・経営戦略に貢献する業務であり、企業の知財部門でも近年、様々な取り組み事例が紹介されている。

IP ランドスケープによって自社の強みを活かすことができる新たな新規事業候補を経営層に提示することができれば、知財部門の貢献は非常に大きいといえる。

しかしながら現状においては、その手法は明確に確立されているわけではない。先行研究の手法では、特許の引用解析等を用いて自社にとって意外性のある事業候補は抽出できる一方、抽出した事業候補をどのように絞り込んでいくかについては明確になっておらず、新規事業探索の専門家の持つ知見等にもとづいて抽出するなどして対応しているのが実情である。このような属人的な手法では、迅速に新規事業候補を抽出できず、長期的には他社と比較して事業競争力が低下することが懸念される。

そこで本研究では、新規事業探索の専門家ではない、企業の知財部員でも所定の手順に従って処理を進めることで、自社に適した新規事業候補を抽出できる新規事業候補探索システムの構築を目的にしている。

第1章では、本研究の背景として近年、産業・経済界において、特許情報を利用して自社の経営・事業戦略に活かす活動（IP ランドスケープ）が活発化していることを受け、企業において関心の高いテーマである、本業とは異なるが自社の強みが活かせる新規事業候補の探索システムの構築とそのシステムの有効性検証を本研究の目的に設定することを明確にした。

第2章では、先行研究の課題を踏まえ、新規事業探索の専門家でない企業の一般的な知財部員であっても対応可能となるように構築した、新規事業候補探索システムの考え方で、具体的にどのような処理ステップを経て新規事業の候補を抽出するのかについて詳細に述べた。本研究の新規事業候補探索システムの特徴は、1) 本業における競合企業以外の非競合企業から注目されている自社技術に注目すること、2) 非競合企業の強み技術と自社を比較して自社も同等以上の技術レベル有する技術を特定すること、3) 1)と2)の技術が多く重なる技術領域を特定し、その重複技術領域に含まれる特許情報に記載されている「用途」に注目すること、4) 抽出した「用途」のうち、その「用途」に対応する市場規模、成長性、その市場の主要企業との技術的優位性の視点から、自社にとって最適な市場を選択する、という特徴を有している。本研究の新規事業候補探索システムは、自社強み技術を特定するステップ1から始まり、抽出した事業に参入することが合理的かを判定するステップ11のステップに分解されており、各ステップの処理は特殊なスキルを必要とせず、企業の知財部員の通常業務の一つである特許調査・解析の知識を活かして実施可能なレベルに設計されている。

第3章では、本研究の新規事業候補探索システムの有効性に関する検証方法の考え方について明らかにした。将来の新規事業候補を抽出したとしても現時点でその候補が有望新規事業であるかの検証ができないため、現在、既に一定の成功を収めている新規事業の事例を設定し、その新規事業が展開される以前の特許情報のみを利用して、本研究の新規事業候補探索システムによって設定した新規事業を抽出できるかという考え方に基づき検証を行った。

第4章では、本研究の新規事業候補探索システムの検証用の具体的な新規事業の事例として、富士フィルムの化粧品事業を取り上げ、本探索システムに適用した結果と本探索システムの有効性について明らかにした。

第5章では、富士フィルムの新規事業とは異なる事業分野で一定の成功を収めている、味の素の疾病リスクのスクリーニング事業（アミノインデックス事業）の事例を取り上げ、第4章と同様、本探索システムに適用した結果と本探索システムの有効性について明らかにした。

第6章では、全世界の特許に共通して付与されている「国際特許分類」のみを用いて本研究の新規事業候補探索システムを適用した場合の結果と、日本特許庁が付与する「特許分類」を用いて本研究の新規事業候補探索システムを適用した場合の結果を比較することにより、本研究の新規事業候補探索システムの適用範囲を明確化した。

第7章では、第4～6章での本研究の新規事業候補探索システムの検証結果の総括と今後の課題についてまとめた。

本研究により、従来、明確な手法が確立されていなかった自社に適した新規事業候補の抽出を、企業の知財部員でも実施可能な新規事業候補探索システムとして確立させた。本探索システムが企業の知財部で導入されることで、事業戦略・経営戦略の構築に貢献できると考える。

論文審査の結果の要旨

企業において自社が成功する新規事業を育てていく重要性は近年、益々高まっている。そのような中、知財情報、特に特許情報とそれ以外のビジネスに関する情報（非知財情報）を組み合わせ活用し、現在の事業環境の俯瞰・将来展望を事業責任者・経営者に提示することで事業戦略・経営戦略に貢献する業務（IP ランドスケープ）により、企業の経営陣・経営戦略部門に有益な情報を提供することに注目が集まっている。これにより知財情報を日常的に扱う知財部門に対する経営層からの期待として特に重要である。

このように知財情報を日常的に扱う知財部門が、IP ランドスケープによって自社の強みを活かすことができる新たな新規事業候補を経営層に提案することができれば、その企業の経営への貢献は非常に大きいといえる。

しかしながら、知財部門において適した新規事業候補を探索する手法は、明確に確立されているわけではない。先行研究の手法では、特許の引用解析等を用いて自社にとって意外性のある事業候補を抽出できる一方、抽出した事業候補をどのように絞り込んでいくかについては明確になっておらず、新規事業探索の専門家の意見等にもとづいて抽出するなどして対応しているのが実情である。このような属人的な手法では、迅速に新規事業候補を抽出できず、長期的には他社と比較して事業競争力が低下することが懸念される。

申請論文の目的は、新規事業探索の専門家ではない者、例えば企業の知財部門でも所定の手順に従って処理を進めることで、自社に適した新規事業候補を抽出できる新規事業候補探索システム（以下、本探索システム）の構築を目的とするものである。

申請論文で提案した本探索システムは、

- 1) 非競合企業から引用されている自社技術に着目する、
- 2) 自社の「強み技術」が重複する技術領域に着目する、
- 3) 日本特許庁が独自に付与する特許分類の情報を利用し、3つの特徴を有し、新規事業として一定の成功を収めている2つの事例（①富士フィルムの化粧品、②味の素の疾病リスクのスクリーニング事業）を対象に本探索システムを適用し、本探索システムの有効性を確認を行った。さらに全世界の特許に共通に付与される国際特許分類を本探索システムに適用した場合との比較により、本探索システムの適用範囲も明確にした。申請論文は、査読付き論文2編と海外1件の口頭発表（いずれも申請者が筆頭著者である）を主要な内容としている。

申請論文は7章から構成されており、各章の内容は以下の通りである。

第1章では、本研究の背景として近年、産業・経済界において、特許情報を利用して自社の経営・事業戦略に活かす活動（IP ランドスケープ）が活発化していることを受け、企業において関心の高いテーマである。本案はその自社の強みを活かせる新規事業候補の探索システムの構築とそのシステムの有効性確認を本研究の目的に設定することを明確にした。

第2章では、先行研究の課題を踏まえ、新規事業探索の専門家でない者、例えば企業の一般的な知財部門であっても対応可能となる仕様と構築した。本探索システムによる、具

体的にどのような処理過程のステップを経て新規事業の候補を抽出するのかについて詳細に述べた。本探索システムの特徴は、1) 本業における競争企業と非競合企業を識別し、非競合企業から引用されている自社の強み技術を特定すること、2) 抽出された自社強み技術を特定するステップから始まり、抽出した事業に参入することが合理的かを判断するステップ 11 までの各ステップに分解されており、各ステップの処理は特段なスキルを必要とせず、例えば企業の知財部門であれば通常業務の一つである特許調査・解析の知識を活かして実施可能なレベルに設定されている。

第 3 章では、本探索システムの有効性に関する確認方法の考え方について明らかにした。将来の新規事業候補抽出においても現時点での候補が有望新規事業であるかの確認が必要でないため、現在、既に一定の成功を収めている新規事業の事例を設定し、その新規事業が展開される以前の特許情報を用いることで、本探索システムの有効性を確認した。

第 4 章では、本探索システムの検証用の具体的な新規事業事例として、富士フィルムの化粧品事業を取り上げ、本探索システムに適用した結果本探索システムの有効性を明らかにした。

第 5 章では、味の素の疾病リスクのスクリーニング事業を対象とし、同様に適用し、富士フィルムの事例と同様に、一定の成功を収めている事業候補を抽出できることを明らかにした。

第 6 章では、全世界の特許に共通に付与されている「国際特許分類」のみを用いて本探索システムを適用した場合の結果と、日本特許庁が独自に付与する「特許分類」を用いて本探索システムを適用した場合の結果を比較することにより、本探索システムの適用範囲を明確化した。

第 7 章では、全章をまとめとして、新規事業候補を抽出するシステムの概要と有効性を整理した。

なお、申請論文の内容については、特許出願を行い特許庁の審査の結果、特許が許可されており、この技術を利用したい、詳しく説明して欲しい、という複数の企業からの問い合わせを受け、申請者がその対応をしている状況である。

以上より、申請論文は、博士（学術）の学位授与に十分な価値があるものと認められる。