

UDC 658.5.012.7.001.2
621.7:621.9

生産・加工システムの最適化に関する研究

最適生産システム研究会

1. 総論

本研究は、金属材料・プラスチック・その他各種の複合材料など、広範囲の工業用材料の生産および加工技術について、自動化・省力化をはじめ製品品質の向上・材料利用効率の改善・省エネルギー・公害防除など多岐にわたる社会的ならびに工業的要求を満すための技術開発と、従前の加工技術をも含めて生産・加工システムの最適化を図るうえでの諸問題を、個別的あるいは総合的に検討することを基本的目的としている。

従来、工業用材料の生産・加工技術に関する開発・研究は、鋳造・溶接・塑性加工・焼結・切削・研削・特殊加工など、個々の加工技術に関しては個別に行われ、各分野・各加工技術相互の交流は少なく、一貫した概念をもって生産・加工技術を総合的に把握することがなされていなかった。このような開発・研究のあり方については早晚、その限界が訪れるであろうことは容易に想像されるが、他方、これら種々の生産・加工技術については、他の分野の技術を相互に導入あるいは組み合わせることにより、大幅な技術的進歩が期待できる。そこで本研究は、従前的な生産・加工技術を基盤として最適技術を求めあるいは新技術の開発を進めると同時に、生産・加工の場における原材料から製品に至る流れを一貫したプロセスまたはシステムとして把握し、その総合的解析を通して新しい技術体系を開発することを目指している。

上述の目的のもとに、昭和46年に「最適生産システム研究会」が発足し、以来各分野における活動を続けている。研究会の構成員は順次拡大しつつあるが、現在鈴木弘名誉教授、佐藤壽芳教授、中川威雄・原島文雄・木内学・増沢隆久・榊 裕之・樋口俊郎各助教授であり、このほかにすでに本所より転出した荒木甚一郎・阿高松男・天野富元講師、および福岡新五郎・西田公至元特別研究員らが在任中参加した。

各構成員が本研究の目的に沿ってその専門分野において推進した研究内容の概要は以下の各項に述べるので、ここでは本研究会の全体計画として行ってきた活動のう

ち主たるものを記しておく。

昭和47年度には「工業用材料の生産・加工システムの最適化に関する研究」に対して東レ科学振興会より1300万円の研究助成金の交付を受け、以後昭和52年度まで研究を継続した。この間、圧延・押出し・引抜き・粉末鍛造・鍛造・プレス成形・ロール成形・剪断・矯正・放電加工などの各分野における研究・開発と併せて、汎用加工プロセスシミュレーションシステムの開発を行い、主として板材の成形加工について従前的な加工プロセスをはじめ、新たにその可能性が期待できる加工プロセスに関して、さまざまな角度からシミュレーション実験を行い、その技術的改善および最適化について検討を行った。これらの成果は東レ科学振興会事業報告書（年報）に報告してある。

昭和51年、52年度には「工業用複合材料の製造・加工プロセスの最適化と応用技術に関する研究」に対し科学研究費（一般A）2000万円の交付を受け、新たに開発した鋳鉄系軸受メタルの成形プロセスの実用化、半溶融加工をベースとする繊維強化複合材料の連続成形プロセスの開発、光ビーム加工技術、カーボン繊維を利用した積層複合材料の製造プロセスとその応用技術の開発、超音波方式による複合材料の非破壊検査法の開発、などの研究を行った。

生産・加工技術の研究は、実際生産の場における工業技術の動向と要求とを適確にとらえ、たえず新しい活力を注入し続ける必要があることは言をまたないが、本研究会では実際生産に携わっている研究者・技術者と情報や意見を交換する場を積極的に設けることにも努め、種々の研究所・事業所との討論会・見学会をほぼ定期的に開催してきた。昭和46年6月の日本鋼管(株)技術研究所を手始めに、昭和53年10月の石川島播磨重工業(株)田無工場および昭和54年1月の日鉄建材(株)仙台製造所、東北金属(株)まで計33回、約40の研究所・事業所を訪門し、意見を交えてきた。この間、討論を通じて触発され新たな研究プロジェクトが立案されてその成果が活用されているものが幾つかある。

本研究会の活躍状況を総括し、かつ紹介する目的で本

所報の「生産研究・特集号」が企画され、Vol.24, No. 8 (1972-8), Vol. 25, No. 10 (1973-10), Vol. 27, No. 7 (1975-7), Vol. 28, No. 11 (1976-11), Vol. 30, No. 2 (1978-2), Vol. 31, No. 1 (1979-1) の計6回の発行がなされている。これらの特集号には各構成員が継続的に進めている研究の総合的な考察や展望あるいはその時々の研究の進捗状況や成果がまとめて述べられており、本研究会の里程標とも言うべき性格を有している。

以上、本研究の目的・活動状況のあらましを述べたが、以下に各分野における研究についてその概要を紹介する。(木内学記)

2. 塑性加工

工業用材料の生産・加工技術のなかで、塑性加工は極めて大きな役割を果たしており、圧延・押し出し・引抜き・鍛造・プレス成形・ロール成形・矯正などその内容は多岐に亘っている。本研究会のメンバーの多くは、直接間接にこれら各個技術の研究に従事しており、各加工法について理論体系・技術体系の確立や技術改善あるいは新加工技術の開発などに多くの成果を挙げてきたが、最適生産システム研究会の組織後は、他分野との研究交流による新しい方向への発展をも目指している。以下、それらの研究内容と成果について概要を示す。

圧延加工の分野においては、その塑性力学的諸問題について基礎・応用の両面から広範な研究を展開した。とりわけ連続圧延加工については大型コンピュータによる理論解析と新たに開発した専用シミュレータによるシミュレーション実験を通して、加減速時の過渡特性の解明・ロールの弾性変形にもとづく材料の肉厚変化の制御などの問題をも含めて、目的に応じた最適な圧延条件あるいは最適な制御系を求める一般的手法の開発と、それらを用いて実際の各種の圧延プロセスに関する検討を行った。

さらに、薄板材の圧延技術の最重要課題である形状制御に関しても理論解析および実験の両面から研究を進め、特にロールベンディングの影響をも含めてロールの弾性変形挙動について詳細な検討を行い、その特性を明らかにした。またこれらの問題を一般的に解析するための手法の開発も行った。これらの成果は、昭和40年代より急速に達成された我国の鉄鋼産業の大幅な技術革新の基礎を成すものとなった。

また、圧延時に発生する板材のエッジドロップについても、ロールの弾性的変形挙動と板材の塑性流動特性との相互作用を定性的・定量的に検討し、そのメカニズムを解明し、製品性状の高度化、生産効率の向上等に寄与した。

圧延加工の新しい研究課題であるバイメタル圧延・圧着圧延・密度変化材を含む圧延など一般に非対称性を含む圧延に関しても、理論解析・実験を進め、これまで経験技術に頼っていたこの分野において一般的な解析手法を開発すると同時にこれらの圧延加工の総合的な特性を明らかにし、その技術的改善と最適化の方向を示した。

矯正加工の分野においては、板材の3次元歪を矯正する加工法として代表的なテンションレベリングについて研究を行い、板の初期形状・板厚・板幅・弾塑性特性と加工条件などを総合的に検討することを通して、曲げと張力との組合せの最適条件を明らかにし、矯正プロセスの一般的設計方式を確立した。また、線材・丸棒の矯正加工についても研究を進め、矯正条件と真直度および寸法変化との関係を理論的に明らかにし、2次元矯正加工の問題まで含めてその技術体系を確立した。

引抜き加工の分野ではタックスヘッドによる丸線および角線の引抜き加工について研究を進め、特に引抜きと圧延およびそれらの混合域の理論体系の確立を図り、その一般的有用性を示した。

ロールフォーミング加工については、広範な基礎研究を積み上げる作業を通して、従来経験技術の域を出なかったこの加工技術の体系化を達成すると同時に、それらの成果をふまえて、実際加工の場において発生する各種の問題について調査・分析・モデル試験などを行い、高速成形ミルの開発、ラジエータチューブミルの開発と成形技術の確立、広幅断面材成形プロセスの大幅な合理化、成形欠陥の発生防止技術の開発など、種々の成形プロセスの改善・開発あるいは製品品質の向上のための技術改善を行った。さらに近年注目されている角管その他の異形管の成形技術についても基礎・応用両面から研究を進め、実際生産の場における技術改善に寄与している。

新しい加工技術の開発の試みとして、材料内に固相成分・液相成分が共存する状態、すなわち半溶融状態下での変形流動特性を利用した加工法の開発も進めており、棒・線材あるいは管材の低荷重・大加工率の押し出し加工が可能であることを明らかにし、併せて同状態下における鍛造加工の可能性、さらに複合材料の製造・加工への適用などについて検討を進めている。(鈴木 弘・木内 学・荒木 甚一郎・阿高 松男・福岡 新五郎記)

プレス加工の分野においては以下に示す研究を行った。

(1) 硬質金属板積層強化簡易打抜き型の研究

プレス打抜き加工は、プレス機械のうちおよそ80%を占め、極めて広範囲に使われている。また打抜き加工技術は金型の技術であると言われるくらい、金型の設計製作

は重要である。一般に金型は製作に時間を要し、高価なものであるが、最近のように製品寿命も短く多品種少量生産の時代においては、金型製作時間の点で十分対応できず、迅速な製作ができる安価な金型の開発が急務とされていた。本研究はこのような事態に対応すべく、新しい考え方に立つ打抜き型を開発したものである。打抜き型で最もよいかいなのは、ダイスの穴加工と、極めて高精度の型合わせである。この硬質金属板積層打抜き型では、ダイス材を加工の容易な軟質材として、しかも粗仕上げのままとし、これに硬質金属板を貼りつけて補強する手法を採用している。しかも硬質金属板のくり抜きは、打抜きによって、抜きかすをダイス面に残すだけという簡単な作業で済ませている。これにより、型精度はポンチ寸法精度で決まり、めんどろな型合わせも省略できることとなった。軟質材のダイスの穴加工は、糸鋸で行うか、あるいは Zn-Al 超塑性材のホットホッピングによって簡単に行うことができる。この抜き型は迅速に製作でき安価であるばかりでなく、型の強度も強く、しかも再研磨も不要ということで、すでに一部採用されているが、今後かなり広範囲に使われることが予想されている。

(2) 背圧付加精密 V 曲げ法の研究

プレスによる V 曲げで、硬質金属材をきびしく曲げると材料に割れが発生する。この曲げ割れに対し、材料の板厚方法に圧縮力をかけながら曲げることにより、このき裂発生を抑える方法を考え、その研究開発を行ったものである。この背圧付加の効果は極めて大きく、ある程度の延性があれば、普通の金属材料では、ほぼ完全に割れ発生を抑えることができた。このほか、そりや端面のゆがみといった曲げの不良現象も同時に解決できることを明らかとした。さらに曲げにおけるスプリングバックも簡単にコントロールできることがわかり、少なくとも V 曲げにおける主要な技術的問題のほとんどが解決できることとなった。

(中川威雄記)

3. 粉末成形, 粉末鍛造

(1) 粉末成形法の研究

粉末冶金の分野では、粉末を圧縮成形することも、粉末製造や焼結工程に劣らず重要である。これまで研究対象として検討されることが少なかった粉末成形を取り上げ、機械工学の面より成形技術の改良、開発を試みた。特に本研究グループの幾人かが専門とする塑性加工技術を粉末成形に応用することに努力をそそいできた。その結果、長尺の圧粉棒または管を製造する方法として、金属管に粉末をつめ、ロータリスウェーピング機で圧縮成形する方法。さらにそれを繰返して 2 軸圧縮成形法へと

発展させた。また長尺大型の粉末厚板の成形法として、金型を使用した粉末圧延法を開発し、極めて低荷重で大型粉末ビレットを製作する道を開いた。さらに、リングローリングを応用し、薄肉大口径粉末リングの成形法も開発した。これらの成形法は、金属粉末のみならずセラミック等一般の粉末原料の成形法として使用し得るものであるが、実用化までには幾多の問題をかかえており、上記成形法のいくつかを引続き検討を行っている。

(2) 高密度圧粉体の研究

粉末冶金と塑性加工の複合加工技術として粉末鍛造が注目をあびている。これは焼結品が残留空隙の存在により強度上劣る点を改善するため、焼結品を熱間鍛造して真密度にしようというものである。本研究グループでもいわゆるオーソドックスな粉末鍛造の技術的諸問題の検討を行い、また省資源に関する特定研究のテーマに取り上げられている切削切粉の再生利用については、粉末鍛造の考え方を全面的に採用している。さらに、この高密度化を常温の鍛造である冷間鍛造で行うことも検討し、純鉄粉や低合金鋼粉についてはその可能性があることを明らかとした。焼結体でも高圧縮応力下では塑性変形するのは当然であるが、この研究は焼結品が脆くて塑性流動性がないというこれまでの常識を変えたものとして評価されている。さらに未焼結圧粉体でも高圧縮応力下では塑性流動性があること、また流動中に粉末間の圧着が起こることも明らかとした。この粉末圧着の考え方は、従来焼結不可能と言われていた高力黄銅粉の粉末鍛造技術の開発に応用され成功をみている。

(3) 鋳鉄系自己潤滑複合材料の開発

鋳鉄は本来内部に潤滑性の良好な遊離炭素を含有しており、潤滑性、耐焼付性に優れた一種の複合金属材料である。鋳鉄はその名のとおり全て溶解材を凝固させて作られてきたが、粉末冶金により製造し、その空孔に油などの液体潤滑剤を浸み込ますことができれば、潤滑性能はさらに優れたものとなることが予想されていた。鋳鉄はこれまで圧粉性、焼結性の点で問題があり、焼結不可能と言われてきたが、本研究グループでは切削切屑を再生利用した焼結用鋳鉄粉末を開発し、鋳鉄系含油軸受け材を生み出すことに成功した。さらに鋳鉄粉末の良好な混合性を利用して、鋳鉄に新たに重量で 5% に達する遊離炭素粉を添加できることも明らかとし、自己潤滑性ドライ軸受けへの道も開くことができた。これらの新材料摩擦摩耗試験は第 2 部の松永研究室の協力のもとになされ、その優れた潤滑効果が実証された。最近では逆にこの鋳鉄粉から遊離炭素を除去した脱炭鋳鉄粉を考え、これを高強度焼結機械部品材料に使う方向で検討している。

(中川威雄・天野富男記)

4. 特殊加工

生産技術の進歩発展には常に新しい加工技術が必要である。その要求がある場合には従来の技術の改善、修正等によって満たされるが、全く新しい原理に基づく、いわゆる特殊加工によらざるを得ないことも多い。特に、新しい特殊な材料が用いられる場合や、従来の常識からかけ離れた加工特性を要求される場合には、その生産設計には広く既知、未開発を含めた各種の特殊加工法を考慮することが必要不可欠となる。

本研究は生産システムを全体的にとらえて最適化を考えるものであるから、その一端として新しい原理に基づく、いわゆる unconventional な加工法について、その特性や守備範囲を明らかにすること、および、従来実用化されていない手法の実用化を促進することが一つの主要な柱となる。

特殊加工には極めて多種多様な加工法が含まれるが、すでに一応実用化が完了しているものに、放電加工・電解加工・電子ビーム加工・レーザ加工・エレクトロフォーミング・超音波加工・フォトエッチング・水ジェット加工などがあり、開発途上にあるものではイオンビーム加工などが注目されている。

これらのうち、特殊材料の加工、特殊形状の加工などに威力のある放電加工、電解加工が取り上げられ、その加工特性、加工原理の解明および新しい応用方法の開発が行われた。すなわち、放電加工の微細加工への適用と関連して、可動コイル式電極送り制御機構の開発、およびそれとステッピングモータ式工作物送り制御機構との結合による電極・工作物同時駆動の極間制御方式の開発が行われ、微細加工域での加工時間の短縮を実現した。これにより従来特殊材料に限定されていた微細加工への適用が一般の生産ラインでのドリル加工との置換が可能までに拡大された。

また、放電加工機構の未知要素であった加工屑の挙動および加工能率について研究が行われ、液中放電時の加工屑の飛散分布と放電点付近の液流状態、さらに、放電パルス幅を変えた時の加工能率の変化などが明らかにされ、加工の安定性、加工速度の限界等に関する解釈が与えられた。

一方電解加工についてはその精度向上のため、パルス電流を用いて加工する方法について研究が進められている。

未開発であった加工法については白熱光ビームによる加工および光電解エッチングによる加工の研究が行われた。すなわち、比較的容易に大出力の得られる白熱光を集光、集束することにより直線状の非接触加熱源とする

ことに成功し、曲げ加工への応用試験が行われた。また、電解液中で露光された試料の光起電力効果と界面反応の相互作用に基づく新しい複合的加工法として実時間光回折を用いた光電解エッチング法の開発が行われ、これによって損傷の少ない精密な半導体グレーティングが可能となった。

また、同じく半導体の新しい高精度加工法として注目されるイオンビーム加工についても基礎的研究が着手された。
(増沢隆久・榊 裕之記)

5. 工作機械

工作機械にとって加工精度の向上は、性能向上をはかる上で重要な目的の一つであり、各時代の精度限界をたどることは工作機械発達の歴史をたどるに等しいと言っても過言ではない。加工精度は寸法、形状の両面より捉えられるが、後者が注目されるようになったのは、比較的近年のことと考えられる。これも真円度のように測定器が整備されているものもあるが、JIS に各種の精度を形状として記述することが述べられていながら、これを簡便かつ高い信頼性で機械の性能と関連づけて測定しようとするれば、不可能ではないにしても困難に直面するのが、現状であろう。

精度に影響を与える要因には、機械構造の静・熱・動の剛性に加えて、工具摩耗や各部の運動性能があげられるが、機械として歴史が古く経験的に処理されてきた剛性について力学の問題として光をあてる努力が、近年になってなされるに至った。各剛性の性能改善についてそれぞれ難しさを有するが、構造の側の特性と精度との関連を実時間の対応ととれなかったこと、能率的な加工を阻害する要因として自励振動の問題があること等のため、解決が難しい問題として残されていたのが動剛性に関することであった。

これらの点に注目して佐藤研究室では工作機械構造の振動特性と精度の問題を総合的に把握し、工作機械の性能向上に資することを目的として研究を進めてきた。工作機械に関する振動の問題としては、機械全体であれ、被削材・主軸系が構成するような部分的であれ、その固有振動数が加工物にどのような影響を与えるかという強制振動の問題と、切削速度や送りをあげて加工能率向上をはかろうとすると生じ、機械構造の振動特性としては切削点まわりの特性に依存する自励振動の問題とに大別される。

加工精度との関連を考える時、機械構造全体の固有振動数、振動モードを知ることとさることながら、これが工具・被削材間の相対変位にどのように現れ、さらに被削面の上につるかを明確にすることが必要であった。

この点、従来ややもすると構造の振動特性のみを知ってよしとするきらいがなかった。工具・被削材間の相対変位と表面粗さとの間の定量的な対応をつけるために、表面粗さを振動測定と同時に保って測定しうる高速粗さ測定装置の開発がなされた。これらを用いて旋盤を対象とした測定解析を進め、機械全体が一様に振動するいわゆるロッキング・モードの固有振動数であっても被削面に影響を与えうることを、この意味で注意すべき固有振動数は300~500 Hz以下にある主要なモードを有するものであり、被削材・主軸系の固有振動数も通常これに含まれるものであることを明らかにした。

一方有限要素法を用いた振動解析プログラムを用いることによって、機械構造の固有振動数、振動モードを推定することを可能としているが、この解析結果によれば、旋盤ベッド等でみる限り、リブの形を変えることによって固有振動数を変えうる範囲はせいぜい20%程度であり、大きさが決まれば、ほぼ決まってしまうものであることが示されている。すなわち、強制振動の問題として精度との関連をみれば、機械の構造が決まって固有振動数をあまり大きくは変えられない以上、電動機・歯車等駆動部や、運動部分の振動数が運転状態で固有振動数をさけるようにすること、これらが持つ加振力を極力小さくすること、振動源は機械本体から離す等の最も基本的な振動対策をとることが課題となる。

高速粗さ測定装置は原理的に光切断法と似ている面がある。高速性を犠牲にして光切断の認識と連続測定をおこなうことにより、表面粗さを2次元的に測定し、表面の形状を3次元的に把握することに成功し、これを用いて自励振動が生じた時の工具の被削面上の軌跡と被削面形状との対応を明らかにしている。この際、工具と被削材が分離する現象を伴うが、高性能の切削動力計(昭和51, 52年科研費による)を用いるなどして確認している。これは自励振動時の多重再生効果として特徴づけられるものである。複合材料の高減衰性を利用した防振の研究を試みているものの、現時点で直ちに自励振動の発生防止に結びつくに至っていないが、切削時自励振動の性質にたいする理解を深めた効果は大きい。

これまでに明らかにされてきた成果が、工作機械設計上、また生産現場において、広く活用されることをはかることが今後の課題であるが、個々の問題については、計算による固有振動数推定の精度を高めること、粗さ測定データを大量に扱うことに関連し、これを真直度測定など広範な形状精度測定に通用しうるようにすること等についても一層の解決努力が必要である。

(佐藤壽芳記)

6. 計測・制御

生産・加工プロセスの最適化の実現には、各プロセスにおける計測と制御が必然的に伴う。一般に生産・加工プロセスにおいて、製品の品質の高度化、材料利用効率の高度化、省エネルギー化、省力化などは、高度のプロセスの自動化によって達成できる。

プロセスの自動制御系は、一般に、計測(検出)、情報処理、操作(アクチュエータ)の三つの技術を基本として構成される。本研究においては、上記三つの技術にそれぞれ関連するテーマをいくつかとりあげ、生産・加工プロセスの最適化に寄与することを目的としている。現在進行中のテーマ、およびその概要は次のとおりである。

(1) 電動機の変速駆動に関する研究

産業における基本的技術の一つである電動機の変速駆動の技術は、直流機から交流機へ変わりつつある。すなわち、製鉄・紙などの一般産業から電鉄などの駆動系において交流機駆動が実用化されつつある。工作機械の駆動系への交流機の応用も検討されている。また、交流可変速駆動系がブロウ・ポンプなどで果たす省エネルギーの役割はすでに大きい。本研究においては、同期電動機とサイリスタインバータを組み合わせた無整流子電動機、およびインバータ駆動誘導電動機の2種類の交流可変速駆動系について、その動作特性の詳細な解析を行っている。その結果、モータ定数が特性に及ぼす影響、磁気飽和の影響などを明らかにすると共に、これら駆動系で閉ループ系において用いられる際に制御系の設計に必要な伝達関数の導出を行った。

(2) マイクロプロセッサを用いたデジタル制御系の研究

LSI技術を背景としたマイクロプロセッサの発達により、自動制御系の情報処理機構は大きな変革期にあり、一般産業においても制御性能の向上、機能の拡大、価格の低減が期待されている。本研究においては、デジタル制御系においてマイクロプロセッサの果たす役割を分類し、制御精度、制御対象の動特性などの関連において、制御に必要なマイクロプロセッサの演算のアルゴリズムの開発を行っている。また、制御系において必要とされる演算機能と現存するあるいは近い将来出現が予想されているマイクロプロセッサの能力との関係を明らかにしている。

具体的な応用例としては、マイクロプロセッサによる電動機の高性能速度制御系の開発と超音波探傷装置の自動化を行っている。前者においては、Phase-Locked Loopの採用により、速度精度 10^{-5} 程度を目標としてお

り、安価な装置により極めて高精度の速度制御が実現することが期待される。また、後者においては、超音波探傷子の走査における位置決め、超音波ビームの方向制御、さらには検出に必要な情報処理をマイクロコンピュータによって実現するシステムの開発を行っている。

(3) 半導体磁気センサによる位置検出器の研究

位置の検出は、一般に制御系において基本的な技術の一つである。本研究においては、回転子磁石をとりかこむエアギャップに温度特性が非常に優れている GaAs ホール素子を配置した位置検出器を試作し、実用上十分な精度の位置検出器の開発を行い、さらに種々の応用分野の研究を行っている。この形の位置検出器は、エアギャップ内の空間高調波を数個の素子の配置によって補償できるので、精度の確保が容易なこと、すべり接触部をもたない構造のものが可能なこと、小形化に適すること、温度特性が優れていることなどのため、電動機制御など広い応用が期待される。

(原島文雄記)

7. むすび

以上、本研究会構成員が各自の専門分野を基盤として幅広く進めてきた研究の概要を示した。これらの中には、共同研究ばかりでなく各個研究も含まれているが、それぞれ総論で述べた本研究会の目的をふまえて、各分野・各加工技術相互の交流を深めつつ生産・加工技術の新しい展開を目指している。すでにその成果が実際生産の場に適用され、工業技術の発展に大きく貢献したのもあれば、未知の分野に挑戦し、基礎研究を積み重ねているものもあるが、生産加工技術の動向は急であり、それを適確にとらえて研究を遂行していくことは必ずしも容易ではない。しかしながら、その際に本研究会における各構成員の密接な協力関係が大きな力となり、個別的な研究努力では達成し得ない成果を獲得できる道が開かれてくるものと思われる。

