

数学の活用による課題解決型研究のテーマ例 (案)

数学の活用により目指すもの <適用できる数学的手法(例)>	研究テーマ例
1. 複雑な構造の解明	
○複雑なもの(現象、システム、データ等)の構造の解明 <適用できる数学的手法(例)> ・大規模データ処理 ・データマイニング ・ゆらぎ理論 ・逆問題 ・トポロジー ・離散幾何学、離散微分幾何学	ライフサイエンス ③トポロジーの応用による、タンパク質データベースからの、柔らかさ等の物性情報の取り出し ⑩タンパク質データベースからの立体構造の分類、機能予測 ⑮タンパク質分子の立体構造のトポロジーと分子の性質との関係 ⑤聴覚的マルチウェーブレット変換による、音声からの聴道長推定 ⑤ウェーブレットによる、脳波の解析・ヒトの状態の推定 ①生命情報解析における確率的アライメント手法の開発 ○マイクロアレイデータの解析(新NP問題) ⑱複雑な自然現象、特に生命現象の科学的及び工学的に有効なモデルの数学的な定式化 ⑱少数個の分子が支配的である生物現象のダイナミクスを調べる数学的方法の開発 情報科学 ⑤ウェーブレットによる、混合された観測画像からの元画像の分離 ⑩ゾーンダイアグラムに関する幾何学的研究(地理情報処理、空間データマイニング、ネットワーク網の設計、CG、CAD、ロボティクス等への応用可能) 物質・材料 ⑩不均一媒質中の分数量子ホール効果、核スピン編極の拡散、スピン自由度を含む量子ホール効果等に対する数理的理論研究 産業 ⑤解析信号中の異常信号を検出・分離する寄生的離散ウェーブレット変換による、自動車エンジンのノッキング検出 ⑤独立成分分析とウェーブレット解析に基づく新しいノイズ除去法による、地下構造探査の精度向上 ⑩高頻度市場データから、市場が不安定化したことをリアルタイムで定量化するシステムの構築 ⑮巨大なクレーム情報から製品品質管理を高度に行うデータマイニング ⑮回帰モデルに基づくエンジンキャリブレーション期間の短縮や車両強度の保証 ○CG(映像制作)における、アニメーションデータ、シミュレーションデータの有効活用 ○プライバシー保護のデータマイニング ○大量データからの異常検知 ○系列データからの構造変化検出に基づくマーケティング分析 ○ネットワーク数理モデルに基づくSNSにおける話題分析 ○データ圧縮技術に基づく構造的知識の発見
○局所的なデータ、スパースなデータから大域的データを構成	ライフサイエンス ⑨低線量放射線被ばくの影響モデルの構築 情報科学 ②トポロジーの応用による、センサーネットワークの解析

<p><適用できる数学的手法(例)></p> <ul style="list-style-type: none"> ・圧縮センシング ・種々の内挿/外挿手法 	<p>⑪ スパース表現を用いた信号復元法の高度</p> <p>産業</p> <ul style="list-style-type: none"> ○少ない2次元画像情報から3次元立体構造情報の構築法 ○画像やビデオを入力とし、陰影推定やアニメーション作成を行う技術
<p>○過去の経験的事実、人間の行動等の定式化</p> <p><適用できる数学的手法(例)></p> <ul style="list-style-type: none"> ・経験則やノウハウ等の定式化 ・人間の行動のモデル化 ・人間の知覚・認識・判断等のモデル化 	<p>ライフサイエンス</p> <ul style="list-style-type: none"> ⑩ 生物学的な神経細胞集団のダイナミクスにより心を説明する数学理論 ⑫ 脳と情報通信機器を直接つなぐブレインマシンインターフェース技術における、意思決定過程のモデリングや予測 <p>経済・金融、防災</p> <ul style="list-style-type: none"> ⑬ 人の経済活動や大規模地震などに見られる、人の時間・空間スケール（マクروسケール）よりも大きなスケール（メガロスケール）を持つ諸現象の数学的定式化（例：貨幣のようなマクロスケールでは不変だがメガロスケールで変化するような変数の定義） <p>産業</p> <ul style="list-style-type: none"> ⑩ 人間の集団行動のデータ（購買活動データ、インターネット書き込みデータ等）の解析・数理モデル化による、人間の集団行動の特性把握・予測 ⑮ エキスパートが持つノウハウの数理モデルへの埋め込みによる、企業の財務評価

2. 将来の変動の予測

<p><適用できる数学的手法(例)></p> <ul style="list-style-type: none"> ・偏微分方程式 ・数値解析 ・確率解析 ・複雑系ゆらぎデータ分析・制御の行動のモデル化 ・機械学習理論 ・ベイズ理論・モデリング ・データ同化 ・マルチスケール問題 	<p>情報</p> <ul style="list-style-type: none"> ⑮ 車両の位置情報等の時系列解析に基づく車両の車線逸脱の事前警告 ⑰ ネット上の掲示板を用いた商品宣伝の考察（メンバーの掲示板への訪問頻度の数理モデル構築、掲示板の状況変化の予測など） ⑱ 会話相手の予測可能性や会話ネットワーク構造の変化の検知 ⑮ 定性的モデルや隠喩的モデルによる物事の傾向についての予測 ⑳ 数学形式化のコンピュータ支援システムの開発（数学者の証明支援・証明検証、証明から正しいプログラムの自動合成に貢献。また、プログラム検証、モデル検査等へも応用可能） <p>物質・材料</p> <ul style="list-style-type: none"> ⑬ 金属/酸化物界面の成長モデル構築等による、応力腐食割れの原理的理解 ⑭ 人工原子を用いた量子デバイス設計のための数理モデル構築、数理モデル解析による新しい物性の予測 ⑯ 材料科学における均質化法と数値計算の連携 ⑯ 土壌中の汚染物質の拡散の予測 ⑰ 不均質媒質中の物質の異常拡散の数理モデルの構築 ⑱ 相互作用する電子系のトポロジカルな分類 ⑱ ソフトマター（ガラス、ゴムなど）の物性発現の根本を描く数学の枠組みの発見 <p>環境・エネルギー</p> <ul style="list-style-type: none"> ⑫ 地球環境の変動予測 （CO₂や海洋のデータ同化研究、数値気候モデル研究、雲の形成過程解析、長期気象予報モデル研究等） ⑮ 地球環境データの時空間モデリングによる環境リスクの評価 ⑯ 気象現象の数理モデル化、シミュレーション
--	---

	<p>⑬古典的な乱流理論(コルモゴロフ理論)を越えた新たな乱流理論の構築</p> <p>⑭核融合実験装置、太陽表面、地球磁気圏等のプラズマの非線形現象の解明</p> <p>産業</p> <p>⑩人間の集団行動のデータ(購買活動データ、インターネット書き込みデータ等)の解析・数理モデル化による、人間の集団行動の特性把握・予測</p> <p>⑭量子デバイスの制御用「組み込みソフトウェア」の開発</p> <p>⑰不均質媒質中の物質の異常拡散の数理モデルの構築</p> <p>⑰ネット上の掲示板を用いた商品宣伝の考察(メンバーの掲示板への訪問頻度の数理モデル構築、掲示板の状況変化の予測など)</p> <p>⑲古典的な乱流理論(コルモゴロフ理論)を越えた新たな乱流理論の構築</p> <p>○複雑なシステム自動・適応制御</p>
<p>3. リスク管理</p>	
<p>＜適用できる数学的手法(例)＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 偏微分方程式 ・ 数値解析 ・ 確率解析 ・ 複雑系ゆらぎデータ分析・制御の行動のモデル化 ・ 機械学習理論 ・ ベイズ理論・モデリング ・ データ同化 ・ マルチスケール問題 	<p>ライフサイエンス</p> <p>⑨個々の患者の前立腺がんの数理モデルの構築による、間欠的内分泌(ホルモン)療法のスケジュール最適化</p> <p>⑩脳波や脈拍等の電気信号・画像信号の時系列解析による、疾患の前兆の検出</p> <p>⑪心臓性突然死の原因である心室細動における心筋の電氣的興奮現象(渦状波)の数理モデルの構築、渦状波を消滅させる外部刺激として有効な手段の推定</p> <p>情報科学</p> <p>①クラウドコンピューティングに適した情報セキュリティ暗号(秘密分散法)の実現</p> <p>④最新検索技術の活用による、暗号の安全性解析の効率性向上</p> <p>⑤ウェブレットによる、流通コンテンツの保護</p> <p>現実的な量子暗号理論</p> <p>防災</p> <p>⑯微小地震と大規模地震との関係の解明</p> <p>○緊急地震警報、地震早期検知システム</p> <p>○地震確率予測</p> <p>○建築物の耐震設計</p> <p>⑱人の経済活動や大規模地震などに見られる、人の時間・空間スケール(マクロスケール)よりも大きなスケール(メガロスケール)を持つ諸現象の数学的定式化</p> <p>○強風予測(列車運行管理)</p> <p>○劣化の数理科学</p> <p>○放射能汚染影響評価</p> <p>経済・金融</p> <p>⑥金融機関の資産に内包するリスク量の評価法の開発</p> <p>⑥景気変動の予兆を把握し、資産価値への影響を計測するモデルの開発</p> <p>⑨金融機関ネットワークにおけるリスク伝搬の評価モデルの構築</p> <p>⑩市場の相互作用を再現する数理モデル構築による、市場のショックの伝搬・緩和の予測</p> <p>⑮ロジットモデルによる財務信用リスクの評価とアナリストの評価との比較</p> <p>⑱人の経済活動や大規模地震などに見られる、人の時間・空間スケール</p>

	ル（マクロスケール）よりも大きなスケール（メガロスケール）を持つ諸現象の数学的定式化（例：貨幣のようなマクロスケールでは不変だがメガロスケールで変化するような変数の定義
4. 最適化	
<p><適用できる数学的手法(例)></p> <ul style="list-style-type: none"> ・最適制御 ・半正定値計画問題 ・サービス分野の生産性向上 	<p>ライフサイエンス</p> <p>③真正粘菌の適応ネットワークと最適ネットワーク戦略</p> <p>情報</p> <p>②1 超大規模ネットワークにも適用可能な効率的な計算アルゴリズムの確立</p> <p>物質・材料</p> <p>○超潤滑の数理</p> <p>産業</p> <p>⑧半正定値計画問題の応用（待ち行列、ロバスト最適化、圧縮センシング、建築物の安定性の解析等）</p> <p>⑫不確実性を考慮した最適なサービス選択のための意思決定支援</p> <p>⑫サービス提供者と受容者（顧客）が共同でサービス価値を創出するモデルの構築、可視化</p> <p>⑫サービス価値評価のための感性・文脈的評価と経済・物理的評価の統合化手法の開発</p> <p>○CG（映像制作）における、所望の映像を得るパラメータ最適化</p> <p>○巨大複雑システムのスケジューリングの数理技術</p> <p>○大規模システム設計の整合性評価</p> <p>○大規模システムの品質管理・制御</p> <p>○大きな変化（災害等）を伴うリスクを加味した大規模システム設計</p> <p>○大規模シミュレーション結果の妥当性を検証する技術</p>
5. 可視化（ビジュアライゼーション）	
<p><適用できる数学的手法(例)></p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンピュータグラフィックス（CG）の画像処理法 ・CGにおける種々の内挿/外挿手法 	<p>産業</p> <p>○CG（映像制作）における、流体、剛体、柔軟物体、陰影のシミュレーション</p> <p>○CG（映像制作）における、群衆行動、個性、表情、動き（の特徴）をモデル化</p> <p>○より自然感の高い裸眼3D画像構築方法</p> <p>○顔の表情・違いを認識する数理技術</p>
6. その他（学術的な真理の探究）	
	<p>④4次元時空の量子重力理論の定式化</p> <p>⑮一般相対性理論に現れる時空の様々な特異性の分類、特異性を回避するという問題の定式化</p> <p>⑤我々の住む時空の次元がなぜ4なのか</p> <p>⑮場の量子論とブラックホールの物理の関係（ホログラフィー）を定式化し証明するための数学的手法の発見</p> <p>⑳重イオン衝突に現れる量子非平衡の相転移現象を取り扱う数学的理論の構築</p> <p>⑥非平衡現象を統一的に記述する理論の構築</p> <p>⑳強電場や強磁場などの強い場のもとで引き起こされる量子論的非平衡かつ非線形現象の解明</p> <p>㉑哲学や法令に現れる「含意」や様々な「様相（認識・義務など）」の形式化</p> <p>㉒図式表現（地図、表、グラフなど）の意味論の構築</p>

(注) 本表において例示した課題の前の番号(①など)は、以下の平成23年度に文部科学省が大学等と共催した「数学・数理科学と諸科学・産業との連携研究ワークショップ」において明らかになったテーマであることを示す。番号のついていない○は、科学技術・学術新議会の分野別委員会等の報告書(分野別推進方策等)等を踏まえたものである。

- ①秘密分散とクラウドコンピューティングの数理
- ②地球環境流体研究と数理科学
- ③応用トポロジー：情報通信・生命科学との連携を目指して
- ④情報セキュリティと数理科学の連携による融合領域の創造
- ⑤ウェーブレット理論と工学への応用
- ⑥金融数理科学と金融技術への将来展望-ポスト金融危機への対応-
- ⑦理工学および産業界における連続体力学の数理と研究連携
- ⑧最適化理論の産業・諸科学への応用
- ⑨社会的リスクの予測と制御に対する数理工学アプローチ
- ⑩複雑系ゆらぎデータの分析と制御
- ⑪致死性不整脈の機序の解明
- ⑫数学・数理科学に基づくサービスイノベーションの新展開
- ⑬数学をコアとするスマート・イノベーションの探索
- ⑭人工原子と光の相互作用を利用した量子デバイスのモデリング
- ⑮数理モデルの産業・諸科学への活用—数理モデルの夢—
- ⑯マルチスケール数学・集団現象の他階層性と階層の連関
- ⑰産業界からの課題解決のためのスタディ・グループ研究集会
- ⑱数理連携10の根本問題の発掘
- ⑲乱流と流体方程式の解の特異性
- ⑳非平衡熱力学の解析的・数学的手法
- ㉑ネットワーク型知識に対する機械学習的アプローチ
- ㉒数理論理学の諸科学への発展と展開