

# 情報分野の研究開発課題について

令和4年2月

文部科学省 研究振興局 参事官（情報担当）

# 研究開発課題案（第22回情報委員会時点）

来年度以降重点的に進めるべき情報分野の研究開発課題の案を、JST CRDSの俯瞰報告書をベースとし、JST CRDS、有識者の協力を得て検討を行った。

テーマ名	概要
AI・ロボットと人間の共進化	<b>専門家・熟練者等の高度なスキルをAIが学習</b> し、より幅広い層の人々がそれを活用できるようにすることで、 <b>人間とAIの協調・共創活動をレベルアップ</b> し、創造的活動の拡大や技能継承・インクルージョンの促進につなげる。
社会システムを支えるAIアーキテクチャ	AI技術が様々な社会システムに組み込まれて動作する世界（ <b>ユビキタスAI</b> ）において、社会システムスケールで処理性能・安全性・信頼性・エネルギー効率等を最適化するためのトータルなAI処理系の分散協調アーキテクチャの研究開発
人工知能と科学	<b>AI・データ駆動型科学によって科学的発見・理解を拡大・加速</b> する。人間の持つ現状の認知限界・認知バイアスを超えて、科学的発見の可能性を拡大するとともに、仮説生成・探索から実験による評価・検証という一連のプロセスを高度化する。
AIとロボットの融合	<b>人工知能研究とロボット研究を融合的に取り組み</b> 両分野のシナジェティックな進展を狙う。 <b>身体性を介して自らの行為と世界の間を学習</b> することによる記号接地問題に対するブレイクスルーや、構造化されていない動的環境に柔軟に適應するロボットの実現を目指す。
社会的に成長するロボット	<b>人間の社会的行動を理解し、自らも社会的・道徳的規範に基づいた社会的行動をとることができるロボット</b> の実現を目指す。インタラクションを通じた規範の学習と実装、言語的/非言語的な社会的合図の理解にもとづく対応、さらにロボットの自律性や人間とロボットの相互作用のレベル向上に伴う倫理と安全性の検討が求められる。
ヒト情報学	情報技術を発明した欧米が敷いたレールの上を後追いするのではなく、社会を形成する生物種としての人類、すなわち「 <b>ヒト</b> 」に対する、 <b>本質的な理解を深めるための情報処理技術やモデル化技術</b> 、理解に基づいて、および、完全に理解しえないことを前提とした上で、 <b>自然と調和のとれた活力ある社会や文化を創出するための、情報通信技術</b> を創出することが、人類の知に貢献することにつながると考えられる。
Swarm AI	<b>多数のAIが人間社会に浸透した状況</b> で、グループやチーム更に組織を構成（または解消）して <b>適応的群戦略を創発するSwarm AIの実現</b> に向け、その理論発展と実装方式および情報・数理科学解析基盤を構築する。
コグニティブセキュリティ	インターネットやSNSの普及によるフェイクニュースやインフォデミック、ソーシャルエンジニアリングなどにより、人々に対する誹謗・中傷や世論の操作、組織への標的型攻撃など、社会に悪影響を与える事態が社会問題化している。デジタル社会における <b>人間の認知や思考、意思決定などに悪影響を与える情報攻撃からの防衛</b> に関する研究開発を行う。
信頼できるデータ流通基盤	データの利活用の重要性が増すにつれ、人、モノ、社会制度、コンテンツなど <b>さまざまな実在の間でのデータ流通</b> が必要になる。これらの間での <b>信頼できるデータ流通を実現するための基盤技術</b> の研究開発を行う。
データ駆動型人間中心基盤	社会活動において生み出される <b>人の情報から自然環境データまでの多様なデータを活用</b> して、「人から人への意思の伝達」、「人と社会の相互理解」、「人と自然環境調和」を実現する <b>ビッグデータサービスやAIサービスを提供できる次世代のデータ駆動型基盤</b> を開発する。
数理と情報	<b>数理科学・数理工学と情報科学・情報工学の連携・融合による新しい理論・技術の構築</b> を目指す。自然科学・工学全般の基礎力を高めると共に、数学の持つ抽象性に基づいた応用による産業上の効果も期待される。科学技術的な側面に加えて人材育成面も重視する。
地球環境と情報	<b>地球環境問題の解決を目指した「Clean by ICT」と「Clean of ICT」、ならびに、これらの「融合技術」</b> を創出する。「by」と「of」の研究者が連携することにより、環境問題の解決法が新たな環境問題を生み出す（例えば、気候変動シミュレーションのためにデータセンターCO <sub>2</sub> 排出量が増加する、環境センサーデバイスが新たなゴミ問題になる、など）ことのない、総合的な環境問題解決を目指す。

# 研究開発課題案に対する御意見（第22回委員会①）

委員	御意見
相澤委員	<p>・データやセキュリティなどの基盤構築やAIの基盤技術の研究開発は国家的課題で優先順位は極めて高い。</p> <p>・人間や社会を中心に据え、既存の研究コミュニティの枠を超える、安易に既存の課題がマッピングできないようなテーマ設定がポイント。新たな研究テーマを生もうという動きが活性化される。「ヒト情報学」などは包括的だが抽象的で関連課題との関連づけなどが必要。</p> <p>・<b>「日本の情報」という視点が重要。自然言語処理でも、深層学習で重要なデータセットで新たに構築されるものの多くは英語か中国語。オープンデータ化により地域的なバイアスはさらに顕在化する。</b>研究の国際競争力がTop10%論文では決して計ることができない。</p>
井上委員	<p>・情報技術を応用する対象として、人間、社会に加えて地球環境や宇宙を追加すべき。情報の観点から宇宙にアプローチする研究課題があっても良い。</p> <p>・社会の理解も目指す「ヒト情報学」に政治学、経済学、法学等も入れていただきたい。その成果はELSIになると思われるので、「AI・ロボットと人間の共進化」「データ駆動型人間中心基盤」「Swarm AI」「社会的に成長するロボット」「信頼できるデータ流通基盤」「コグニティブセキュリティ」などに反映することが必要。</p> <p>・社会課題で優先度が高いものを解決する課題を重視すべき、また、<b>DFFT、データローカライゼーションなど、様々な観点で地政学上の安全保障</b>や国際的に見た産業競争力の観点が重要。 <b>・負の側面の解決を事前にデザインし、全体にわたってどう統御するかが重要。</b></p>
川添委員	<p>・カーボンニュートラル、非圧縮・非限定情報の超低遅延伝送など、<b>新しい目的関数を置くことで生まれる新しい価値観に向き合う研究開発が重要。</b></p> <p>・国民が研究開発の成果を享受できるよう、研究にとどまらず、社会実装への取組を途切れなくつなげていくことが非常に肝要。積極的にリスクを取り、必要なデバイス開発等も含め、大きなゲームチェンジを起こすところに研究開発が繋がっていくことが重要。</p>
小池委員	<p>・民間でできるものは民間でやり、民間でやりにくいところを文科省のファンドで推進していくことで日本全体でAIのレベルが高くなるテーマ設定がいい。</p> <p>・<b>ソーシャルメディアのAIアルゴリズムが人間の認知・心理や社会に及ぶ影響を「コグニティブセキュリティ」を拡張して取り扱うべき。</b></p> <p>・高齢者に寄り添ったコミュニケーションを行うAIの必要性が高まっており<b>「データ駆動型人間中心基盤」を拡張して心理学的な要素も入れたAI研究</b>に取り組むべき。</p> <p>・環境配慮は全テーマに共通して必須な要素。</p>
後藤厚宏委員	<p>・「社会システムを支えるAIアーキテクチャ」では、分散協調だけでなく、<b>経済、法制度、国際関係等の領域や重要インフラ分野の安全・信頼の取組も踏まえて検討すべき。</b></p> <p>・「信頼できるデータ流通基盤」は重要だが、全体が大き過ぎてまだ課題として1つにまとまっていない、もう少し深掘りすべき。</p> <p>・社会全体のデジタル技術への依存度が高まっており、<b>デジタル技術とグローバルな社会経済活動との関わりを分析・予測する研究開発が大事。情報技術と経済学や国際関係論等との融合が必要。</b>・AI、ロボティクス、データの3つのキーワードが非常に大事。どのテーマが主導するか明確にしていくことが大事。</p>
後藤吉正委員	<p>・「AIと科学」など他の課題、テーマとの関連に言及した方が良い課題がある。・各課題がSociety 5.0の実現に向けてどのような位置付けかを充実させて発信すべき。</p> <p>・<b>社会との相互作用が大きな課題は、社会との関係性、倫理や法規制の問題にも配慮し、人文社会科学の研究者も入った研究も必要。</b></p> <p>・「社会的に成長するロボット」、「AI・ロボットと人間の共進化」で自動運転車も対象とすべき。</p> <p>・「信頼できるデータ流通基盤」などデータ基盤・データ流通に関する課題は重要。<b>既存の大規模データの社会・経済的分析を含む、人文社会科学の側面の研究を複合して進めるのが望まれる。</b></p>
佐古委員	<p>・「ヒト情報学」と連携して「コグニティブセキュリティ」でヒトの認識の研究を深めることが重要。悪用される可能性もあり、倫理的にどう対応するかの検討も必要。</p> <p>・「信頼できるデータ流通基盤」では、データ提供側にとつてのCIAだけでなく<b>データ利用側がどう信頼できるかのAssuranceレベルも含めて考えていただきたい。</b></p> <p>・ステークホルダーが対等なシステム設計に留意すべき。・「基盤」という言葉でイメージするものが人により異なるため誤解されないような見せ方が必要。</p> <p>・ITはつながるものなので要素技術の一つ一つがうまくつながる必要がある。</p>
田浦委員	<p>・「地球環境と情報」は重要、<b>排出量のコンポジションを広く共有し、削減技術とリソースの依存関係や因果関係を含めてシミュレーションできるプラットフォームは非常に重要。</b>個人レベルのプライバシー保護に加え、<b>企業レベルの機密保持やデータ利用範囲等をコントロールできる基盤が必要</b>で「信頼できるデータ流通基盤」が重要。</p> <p>・人間中心のテーマも非常に重要。</p>

# 研究開発課題案に対する御意見（第22回委員会②）

委員	御意見
瀧委員	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「<b>コグニティブセキュリティ</b>」でSNSが児童、生徒に及ぼす悪影響の解決に力を入れて欲しい。</li> <li>・従来のロボットの概念にとらわれず、身体を複数持つロボット、身体を持たないロボット、手が100本ある、目が100個ある等、広く捉えるほうが良い。</li> <li>・あらゆる生物が楽しく生きていくようなことうまく情報処理が使われる、生物圏中心の課題があると良い。芸術やエネルギーとの関係も重要。</li> <li>・各課題とSDGsとの関係も検討すべき。「新しい資本主義」はデータ資本主義だとも言われており、データそのものが社会の価値の根源になるという観点での研究も必要。</li> </ul>
塚本委員	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「AI・ロボットと人間の共進化」、「AIとロボットの融合」、「社会的に成長するロボット」は競争力の維持、発展のために注力すべき。</li> <li>・国民目線で日本の情報分野は弱いとされているので、論文や特許以外にも、研究の成果等を国民全体にとってわかりやすく発信することも一つのアイデア。</li> <li>・<b>メタバースの関連で、ルールも含めて人間とロボットとアバターの共生社会を目指し世界に先駆けて研究してはどうか。</b></li> <li>・企業にとってグローバル展開につながるものであり、地球規模の貢献の観点での情報発信も重要。</li> </ul>
長谷山委員	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日本ではIT系人材の偏在という課題があり、<b>我が国が強みを持つマテリアル、インフラ、防災、医療等に横串をさす形でAIの実社会応用を加速する分野融合型の研究開発課題</b>を作ることにより多様性と卓越性を備えた研究開発の推進が必要。</li> <li>・「ヒト情報学」と「データ駆動型人間中心基盤」に<b>複数のユーザが関わる判断・意思決定を支援するAIの技術要素</b>が望まれる。</li> </ul>
引原委員	<ul style="list-style-type: none"> <li>・インターフェースが非常に弱い。<b>サイバーとフィジカルが同じ状態空間にあることが保証されない前提で、工学的な安定性だけでなく安全性について考えることが必要。</b></li> <li>・ジャーナルの問題と全く同じ構造がデータに対して見えており、同じことを繰り返さないよう、データ量で対抗できないことを認識して戦略を立てることが必要。</li> <li>・欧米の追随型、ヨーロッパの原理主義やアメリカの方法論、応用技術といった立場か、全方位に研究者は割けないので、そういう戦略をきちんと立てることが必要。</li> </ul>
深澤委員	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>人間の脳科学的な振舞いを情報技術の中に生かしていく研究が必要。脳科学の専門家と互いに刺激を与え合いながら新しいAI技術を生み出していくことが必要。</b></li> <li>・多様なAIが多数要求されるソフトウェアシステムをどう作っていくのかに注意が必要。</li> </ul>
星野委員	<ul style="list-style-type: none"> <li>・表層的に現象が似ているものをまとめている印象。ヒトの強化学習に関するものなど、メカニズムが同じものをまとめて、それに対して介入すべき。</li> <li>・<b>人が介入することでどう行動変容するかの研究は、ヒトの行動原理を踏まえたAIの作成にもつながるので、社会科学者が関心を持つ形で課題として取り組むべき。</b></li> </ul>
美濃委員	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特定の機能を実現するツールから脱却し、社会規範や倫理、道徳などによって人間の行動を改めさせる、<b>哲学的な存在になるようなロボット</b>を作ることが必要。</li> <li>・研究データのオープン化は、単に公開するのではなく、何らかの処理をしたものを公開して使う形にしなければ計算資源が足りなくなる。</li> <li>・<b>日本語の言語処理モデルは、国語学研究等と情報系とが融合して、日本が中心になって取り組むべき。</b>例えばBERTというモデルは、多くは海外で公開されており、日本で公開しているのは2～3か所。基盤として進めていくことが必要。</li> <li>・DNNも元々のモデルは脳。<b>アイデアの源泉である脳について脳科学と共に研究することが必要。</b></li> <li>・人間がどんな状態の時にどんな情報が有効か、この過程の科学的解明は<b>人間の学習メカニズム</b>の研究にとって大変重要。情報の有効性や効果の計測は情報分野の研究としても重要。教育学、心理学の研究者と連携して推進すべき。</li> </ul>
八木委員	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>時間軸も含む4次元で地球全体をモデリング</b>して動的に表現できるものをつくと、そこで扱うデータはエクサバイト級だがスパースでヘテロであり、<b>その取扱い方だけでも新しいサイエンスの芽の多数の創出が期待</b>、世界にも勝てるチャンスがある。都市工学、交通工学、経済学、人文科学など多様な学問分野も関わる。</li> <li>・テラからエクサ級に変わっていくようなスケールの変化は問題の本質を大きく変える。いろいろな研究の要素が含まれてくる題材を提案した方が良い。</li> </ul>
若目田委員	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>地球規模目線での優先課題は気候変動問題。カーボンニュートラル実現への貢献を具体的に進めるべき。</b>「地球環境と情報」による脱炭素社会を展望した非連続的なイノベーションの創出は日本の勝ち筋、産業競争力の視点でも非常に期待。</li> <li>・SDGsの中で一番貢献できる領域に集中することも1つの戦略。日本の抱える少子高齢化、頻発化する自然災害等は、データ収集や実証の観点でアドバンテージがあり、グローバルへ貢献する観点でも重要。</li> <li>・ネット、AI等の進化の<b>負の側面</b>に対し、<b>新技術開発と同時に投資を行うことで次の世代の事業、新たな産業の基礎</b>となる。</li> </ul>

# 第22回委員会での御意見を踏まえた研究開発課題案の更新

**【人間理解に基づく情報科学の新潮流の探求】**脳機能・構造の解明等に向けた取組等を通じて人間にとっての「情報」に対する理解を深め、その理解に基づき人間・社会・文化を記述するモデル化技術等の情報科学技術を創出するとともに、情報科学技術が人間・社会・文化に与える影響を予測・分析し、人間・社会・文化の脆弱性を克服するための科学と技術を創出する。

ヒト情報学	社会を形成する生物種としての人類、すなわち「 <b>ヒト</b> 」の <b>認知・学習・行動変容等に関するメカニズム</b> への本質的な理解を深めるための <b>情報処理技術やモデル化技術</b> 、理解に基づいて、あるいは、完全に理解しえないことを前提とした上で、 <b>自然と調和のとれた活力ある社会や文化を創出するための、情報通信技術の創出</b> を目指す。
【新規】 情報脳科学	<b>脳機能・構造の解明に情報科学と脳科学とが共同で取り組むことで、脳科学的な人間の振舞いに即した新たな言語理解や推論の仕組み等のAIの基本技術の開発とともに、情報科学の新たな方法論の創出を目指す。</b>
コグニティブセキュリティ	インターネットやSNSの普及によるフェイクニュースやインフォデミック、ソーシャルエンジニアリングなどにより、人々に対する誹謗・中傷や世論の操作、組織への標的型攻撃など、社会に悪影響を与える事態が社会問題化している。 <b>人文・社会科学の知見も活用して、情報技術が人間の認知、心理、思考、意思決定などローカル・グローバルな社会経済活動に与える影響を分析・予測するとともに、人間・社会・文化の脆弱性に対する攻撃の検知・防衛</b> に関する研究開発を行う。

**【Society 5.0の社会実装に向けた信頼基盤の構築】**データ流通、AI・ロボット利用の進展を踏まえ、これらの信頼性の高度化と可視化・共有・保証の方法について技術面のみでなく制度面からも研究し、データ駆動型社会とそれを支える情報技術基盤を構築する。

信頼できるデータ流通基盤	データの利活用の重要性が増すにつれ、人、モノ、組織、社会制度、コンテンツなど <b>さまざまな実在の間でのデータ流通</b> が必要になる。これらの間での <b>DFFTやデータローカライゼーションにも対応し、データの提供側・利用側の双方にとって信頼できるデータ流通を実現するための基盤技術</b> の研究開発を行う。
データ駆動型人間中心基盤	社会活動において生み出される <b>人の情報・心理状態から自然環境データまでの多様なデータを活用し、社会・経済的分析等も加えて、「人から人への意思の伝達」、「人と人との合意形成」、「人と社会の相互理解」、「人と自然環境調和」</b> を実現する <b>ビッグデータサービスやAIサービスを提供できる次世代のデータ駆動型の人間中心の社会基盤</b> を開発する。
社会システムを支えるAIアーキテクチャ	AI技術が様々な社会システムに組み込まれた世界( <b>ユビキタスAI</b> )において、処理性能・安全性・信頼性・エネルギー効率等を <b>経済、法制度、国際関係等まで考慮して最適化</b> するトータルなAI処理系の分散協調アーキテクチャや <b>適応的群戦略創発の理論・実装・数理解析基盤</b> を開発する。
社会的に成長するAI・ロボット	<b>人間の社会的行動を理解し、自らも社会的・倫理的・道徳的規範に基づいた社会的行動をとることができるAI・ロボットの実現</b> を目指す。インタラクションを通じた規範の学習と実装、言語的/非言語的な社会的合図の理解にもとづく対応、 <b>身体性を介した自らの行為と世界の関係の学習、人間とAI・ロボットの協調・共創活動の向上</b> 、さらにロボットの自律性や人間とAI・ロボットの相互作用のレベル向上に伴う倫理と安全性の検討、 <b>メタバース等のサイバー空間活用の発展に伴う人間とAI・ロボットが共生する社会における制度の研究等</b> が求められる。

**【カーボンニュートラルを中心とする社会課題解決を支える情報科学技術の開発】**カーボンニュートラルに向けた政策・技術の効果をシミュレーションする基盤や分散型エネルギーシステムにおける電力需給調整等に資する制御技術等の情報科学技術による環境問題解決のための研究と、再生可能エネルギーの利用による不安定電源下での情報通信システムの安定稼働や機械学習の処理の省電力化を可能とするコンピューティング技術等の情報科学技術自身が地球環境に与える負荷を低減させる研究とを組み合わせ、総合的な環境問題解決を目指す。

グリーンICT	<b>地球環境問題の解決を目指した「Clean by ICT」と「Clean of ICT」、ならびに、これらの「融合技術」</b> を創出する。地球環境の「by」と「of」の研究者が連携することにより、環境問題の解決法が新たな環境問題を生み出す（例えば、気候変動シミュレーションのためにデータセンターCO <sub>2</sub> 排出量が増加する、環境センサーデバイスが新たなゴミ問題になる、など）ことのない、総合的な環境問題解決を目指す。
AI・データと科学	<b>AI・データ駆動型科学によって科学的発見・理解を拡大・加速</b> する。人間の持つ現状の認知限界・認知バイアスを超えて、科学的知見・社会にとっての <b>新たな価値の発見の可能性を拡大</b> するとともに、仮説生成・探索から実験による評価・検証という一連のプロセスを高度化し、 <b>我が国が強みを持つマテリアル、インフラ、防災、医療等の分野との連携によりAIの社会実装を加速</b> する。AI・データ駆動型科学の核となる <b>大規模データの経済・社会的分析手法や汎用モデル化手法の研究</b> を行う。
数理と情報	<b>数理科学・数理工学と情報科学・情報工学の連携・融合による新しい理論・技術の構築</b> を目指す。

# 情報分野の研究開発課題と今後の検討の進め方について

本委員会での検討結果を踏まえ、以下の三つを情報分野の研究開発課題として良いか。

## 情報分野の研究開発課題（案）

### 【人間理解に基づく情報科学の新潮流の探求】

- ・概要：脳機能・構造の解明等に向けた取組等を通じて人間にとっての「情報」に対する理解を深め、その理解に基づき人間・社会・文化を記述するモデル化技術等の情報科学技術を創出するとともに、情報科学技術が人間・社会・文化に与える影響を予測・分析し、人間・社会・文化の脆弱性を克服するための科学と技術を創造する。
- ・留意点：日本語言語モデルなど日本固有の情報への配慮、人文・社会科学系との連携、新たな情報科学技術の開発に伴い生じる負の側面の解消に向けたバイ・デザインでの取組

### 【Society 5.0の社会実装に向けた信頼基盤の構築】

- ・概要：データ流通、AI・ロボット利用の進展を踏まえ、これらの信頼性の高度化と可視化・共有・保証の方法について技術面のみでなく制度面からも研究し、データ駆動型社会とそれを支える情報技術基盤を構築する。

### 【カーボンニュートラルを中心とする社会課題解決を支える情報科学技術の開発】

- ・概要：カーボンニュートラルに向けた政策・技術の効果をシミュレーションする基盤や分散型エネルギーシステムにおける電力需給調整等に資する制御技術等の情報科学技術による環境問題解決のための研究と、再生可能エネルギーの利用による不安定電源下での情報通信システムの安定稼働や機械学習の処理の省電力化を可能とするコンピューティング技術等の情報科学技術自身が地球環境に与える負荷を低減させる研究とを組み合わせ、総合的な環境問題解決を目指す。

上記の課題における具体的な研究内容等について、今後どのように検討を進めるのが良いか。

## 今後の検討の進め方（例）

- ・若手研究者へのヒアリング
- ・学会と連携したイベントの企画 等