

トレンドと課題

技術	トレンド	挑戦課題
<ul style="list-style-type: none"> <li>ITの加速度的進歩が続く</li> <li>様々なモノ・人が繋がる</li> <li>ビッグデータ処理技術が進む</li> <li>クラウド化の進展</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>森羅万象を対象とした処理形態</li> <li>異種データ、大量データ処理</li> <li>データの信頼性、プライバシー保護</li> <li>社会基盤に求められるディベンダビリティ</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>ITによる新ビジネス創出</li> <li>市場のグローバル化</li> <li>インターネットを介したサービスの進展</li> <li>ロボットによる効率化</li> <li>機械による雇用の喪失</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>ビッグデータによる社会コスト低減や付加価値の創造</li> <li>クラウド基盤によるサービス経済の進展</li> <li>ITを他の領域の基盤とする</li> <li>社会・経済インパクトの評価とモデル化</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>ITの社会浸透 (社会インフラ化) の進展</li> <li>少子・高齢化</li> <li>インフラ老朽化と自然災害の脅威</li> <li>資源の不足・枯渇</li> <li>社会的格差の拡大と社会の不安定化</li> <li>セキュリティの脅威</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>社会システムの統合と再構築</li> <li>防災・減災・復旧の高度化</li> <li>社会制度、倫理の研究 (ELSI)</li> <li>人間と共存するロボット</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>教育の新たな試み (MOOCs)</li> <li>ネット依存症 (スマートフォン、ゲーム)</li> <li>人間と機械の融合 (ウェアラブル、インプラントデバイス)</li> <li>グローバル化に伴う稀少文化の消失</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>人と機械の新たな関係</li> <li>多様性・個性に対応した質の高い教育・再教育・学習</li> <li>文化、知の理解と継承</li> <li>人・集団を賢くするIT</li> </ul>

俯瞰と戦略的研究領域

**知のコンピューティング**  
人・集団の賢い判断の支援や納得性の高い意思形成、社会システムの最適運用などを実現する。科学研究の成果を社会適用加速と発見の促進、社会コスト削減、OOL向上に貢献する。

**ビッグデータ**  
オープンデータ、ソーシャルメディア、パーソナルデータ、様々な機器からのセンサーデータなど多様なデジタルデータを活用し、サービス創出や既存事業の刷新による高付加価値化や社会・企業コスト低減を実現する。異種データの統合技術、迅速な意思決定のためのリアルタイム解析技術、データ共有基盤の整備が必要である。

**セキュリティ**  
デザインの段階からレジリエンスを作りこむための社会システムアーキテクチャ、運用状態の監視・管理による異常状態を早期に発見と被害拡大の防止、リスクともにディベンダビリティを評価することによる適切な対策により、しなやかで強靱な社会を実現する。

**CPS / IoT**  
物理世界とサイバー世界が融合する。実空間に埋め込まれたセンサーからのデータを収集・蓄積して、深くリアルタイムに分析することで新たな価値を創出する。あらゆるものがネットワークに接続され、クラウド基盤により組織を超えた情報融合を進め、日常生活やビジネス、社会インフラなどの効率化と高度化を実現する。

ビジョン

CRDSが考えるビジョン  
(出典：社会的期待と研究開発領域の邂逅に基づく「課題達成型」研究開発戦略の立案)

- 国際連携ができる社会
- 地球環境・エネルギー問題への対応力がある社会
- 社会インフラの保守・補修・構築力がある社会
- 心身の健康寿命がのびせる社会
- 一人ひとりが能力を発揮できる社会

↓

ビジョン達成のためにITが社会・経済・文化・人類に影響を与える

- ITの継続的な進展を図る
- ITによる経済発展を本格的にする
- ITを社会基盤の一つとする
- ITの研究フロンティアとして、人・集団の精神や行動原理を探索し、知の向上をめざす

ITの社会的役割

IT要素技術の進化は、ITの使い方 (ITアーキテクチャー) の変化を促し、それにより新たなITのアプリケーションが生まれ、社会的役割が拡大する。役割の拡大が、要素技術やアーキテクチャーの重要性を増大させ、それが次の進化に向けた技術革新を加速する。



- IT要素技術の進化**
  - 高性能計算、高速大容量通信
  - ビッグデータ、ロングテール、リアルタイム処理
  - 数値計算から事務処理、知識処理へ
  - モジュール化とミドルウェアの発展
- ITアーキテクチャーの変化**
  - 集中と分散の動的バランス
  - 実世界とサイバー世界の融合
  - 人がつながる、モノがつながる
  - 産業のサービス化を支える
- 社会的役割の拡大**
  - ビジネスのクリティカルインフラから社会のクリティカルインフラに
  - 森羅万象 (人、集団、機械) を支える技術に

社会的・経済的インパクト

社会と産業・経済へのインパクトをコスト削減という守りと、価値創造という攻めからとらえる。

- 社会システムのデザインと運用による効率的な社会の実現**
  - デザインの段階からITを意識し、公共サービスの質を向上
  - 防災・減災に向けた、柔軟でロバスタな社会システムの構築
- 社会・企業コストの低減による産業競争力の強化**
  - ITによる見える化や効率的な設計、実装による企業コストの大幅な低減
- 新しい価値の創造による新産業の育成**
  - ITによる従来産業の付加価値向上
  - 新たなビジネスモデルによる新産業開拓
- 知の創造と伝播による豊かな社会の実現**
  - 科学的発見の加速、科学技術研究からイノベーションまでの時間短縮を行い、持続的イノベーションを可能とする (科学研究 社会的価値の創出 科学研究への還元サイクル)

<米国>

- Cyber Physical Systems (2009年)
  - NSFを中心にCPSを構築するためのサイエンスと基盤技術の研究開発を支援。規模：2012年までに73プロジェクトに65百万ドル
- ビッグデータイニシアチブ (2012年)
  - ビッグデータから知見を引き出すための技術開発。規模：総額200百万ドル
- 製造革新機構と全米イノベーションネットワーク (NNMI) 構築 (2012年)
  - 産学コンソーシアムとネットワークを通じた新技術の拡散と技術導入を加速
  - 規模：各コンソーシアムに70百万ドルの政府資金と同額の外部資金
- <欧州>
  - Internet of Things and Platforms for Connected Smart Objects (2014年)
    - IoTプラットフォームのアーキテクチャと相互運用性に係る研究開発
    - 規模：51百万ユーロ (Work Programme 2014-2015)
  - FI-PPP: Future Internet Public-Private Partnership (2011年)
    - インターネット技術による公共サービスのインフラと業務プロセスのスマート化
    - 規模：5年で総額3億ユーロ
  - Digital Catapult (2014年)
    - 私有データの共有促進により、中小企業が迅速かつ低リスクでイノベーションを実現することを可能とするプラットフォームを複数の都市に開設
  - Industrie 4.0 (2013年)
    - 生産拠点としてのドイツの未来を実現するアクションプラン。規模：2億ユーロ
- <中国>
  - ハイテク・サービス業の研究開発と産業化に関する通知 (2012年)
- <韓国>
  - スマート国家具現のためのビッグデータマスタープラン (2012年)

研究開発の俯瞰報告書  
情報科学技術分野（2015年）

## 目 次

### エグゼクティブサマリー

1. 目的と構成	1
1.1 「研究開発の俯瞰報告書」作成の目的	1
1.2 俯瞰対象分野設定	1
1.3 構成	1
2. 俯瞰対象分野の全体像	3
2.1 分野の範囲と構造	3
2.1.1 分野の範囲	3
2.1.2 俯瞰の枠組	3
2.1.3 研究開発領域	4
2.2 分野の歴史、現状及び今後の方向性	6
2.2.1 分野の歴史	6
2.2.2 分野の現状 ～社会とのかかわりを深める IT～	8
2.2.3 分野を取り巻く環境変化と IT のチャレンジ	10
2.2.4 我が国の課題と分野の方向性	11
(1) ビッグデータ	15
(2) CPS/IoT	16
(3) 知のコンピューティング	17
(4) セキュリティ	18
2.2.5 諸外国・地域における研究ビジョンや戦略	19
(1) 米国	19
(2) 欧州	20
(3) 中国	25
(4) 韓国	26
3. 研究開発領域	29
3.1 基礎理論	29
3.1.1 情報理論	33
3.1.2 暗号理論	41
3.1.3 離散構造と組合せ論	47
3.1.4 計算複雑度理論	53
3.1.5 アルゴリズム理論	59

研究開発の俯瞰報告書  
情報科学技術分野（2015年）

3.1.6 最適化理論	68
3.1.7 プログラム基礎理論	75
3.1.8 データアナリシス	80
3.2 デバイス・ハードウェア	85
3.2.1 集積回路技術	89
3.2.2 MEMS デバイス技術	95
3.2.3 フォトニクス	101
3.2.4 プリントドエレクトロニクス技術	108
3.2.5 極超低電力 IT 基盤技術	118
3.2.6 量子コンピューティングデバイス	124
3.2.7 メモリーとストレージ	131
3.2.8 アクチュエーター	137
3.2.9 センサー	143
3.2.10 アナログ回路	148
3.2.11 情報処理	154
3.2.12 通信	160
3.2.13 エネルギーハーベストデバイス	171
3.2.14 電源	180
3.3 通信とネットワーク	185
3.3.1 光通信技術	188
3.3.2 無線通信技術	193
3.3.3 ネットワーク・エネルギーマネジメント	199
3.3.4 ネットワーク仮想化技術	208
3.3.5 通信行動と QoE (Quality of Experience)	215
3.3.6 情報ネットワーク科学	220
3.3.7 新たな情報流通基盤	226
3.4 ソフトウェア	232
3.4.1 ソフトウェア工学	234
3.4.2 組込みシステム	240
3.4.3 プログラミングモデルとランタイム	248
3.4.4 システムソフトウェアとミドルウェア	255
3.5 IT アーキテクチャー	261
3.5.1 エンタープライズ・アーキテクチャー	266
3.5.2 ソフトウェア定義型アーキテクチャー	277
3.5.3 クラウドコンピューティング	287
3.5.4 モバイルアーキテクチャー	293
3.5.5 ワークロード特化型アーキテクチャー	303
3.5.6 ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC)	309
3.6 IT メディアとデータマネジメント	318
3.6.1 ビッグデータの統合・管理・分析技術	321

研究開発の俯瞰報告書  
情報科学技術分野（2015年）

3.6.2	ユーザー生成コンテンツとソーシャルメディア	326
3.6.3	センサーデータ統合検索分析技術	332
3.6.4	時空間データマイニング技術	339
3.6.5	次世代情報検索・推薦技術	345
3.6.6	個人ライフログデータの記録・利活用技術	350
3.7	人工知能	355
3.7.1	探索とゲーム	357
3.7.2	機械学習、深層学習	365
3.7.3	オントロジーとLOD	374
3.7.4	Web インテリジェンス	385
3.7.5	知能ロボティクス	392
3.7.6	統合的人工知能	401
3.7.7	汎用人工知能	408
3.7.8	認知科学	416
3.8	ビジョン・言語処理	423
3.8.1	大規模言語処理に基づく情報分析	425
3.8.2	言語情報処理応用（機械翻訳）	433
3.8.3	言語情報処理応用（音声対話）	438
3.8.4	画像・映像の意味解析	445
3.8.5	言語と映像の統理解	452
3.9	インタラクション	457
3.9.1	BMI（ブレイン・マシン・インターフェース）	459
3.9.2	人間拡張工学	468
3.9.3	ハプティクス（触覚）	473
3.9.4	ウェアラブルコンピューティング	480
3.9.5	HRI（ヒューマン・ロボット・インタラクション）	489
3.9.6	グラフィックス・ファブリケーション	496
3.10	ビッグデータ	504
3.10.1	ビッグデータ基盤技術	506
3.10.2	ビッグデータ解析技術	513
3.10.3	クラウドソーシング	520
3.10.4	プライバシー保持マイニング技術	525
3.10.5	ITメディア分野におけるビッグデータ	533
3.10.6	ライフサイエンス分野におけるビッグデータ	540
3.10.7	教育とビッグデータ	545
3.10.8	社会インフラとビッグデータ	561
3.10.9	オープンデータ	567
3.10.10	著作権とビッグデータ	571
3.10.11	ビッグデータとプライバシー	578
3.11	CPS/IoT	584

研究開発の俯瞰報告書  
情報科学技術分野（2015年）

3.11.1	CPS/IoTアーキテクチャー	586
3.11.2	M2M	591
3.11.3	社会システムデザイン	598
3.11.4	CPS/IoTセキュリティ	603
3.11.5	応用と社会インパクト	611
3.11.6	ものづくりとIoT	617
3.12	知のコンピューティング	623
3.12.1	知のメディア	626
3.12.2	知のプラットフォーム	632
3.12.3	知のコミュニティ	638
3.13	セキュリティ	644
3.13.1	次世代暗号技術	648
3.13.2	ITシステムのためのリスクマネジメント技術	654
3.13.3	要素別セキュリティ技術	661
3.13.4	認証・ID連携技術	668
3.13.5	サイバー攻撃の検知・防御次世代技術	673
3.13.6	プライバシー情報の保護と利活用	678
3.13.7	デジタル・フォレンジック技術	688
(付録1)	専門用語解説	694
(付録2)	検討の経緯	704
(付録3)	執筆協力者一覧	710
(付録4)	索引	714
(付録5)	研究開発の俯瞰報告書（2015年） 全分野で対象としている研究開発領域一覧	720
謝辞		734