

脳とICTに関する懇談会 最終取りまとめ

～ 脳の仕組みを利用したICTの更なる発展 ～

平成23年5月18日

はじめに

人間の脳の活動は、あらゆる文化的活動の源泉であり、また文化的活動を支えるコミュニケーションにおいても根源的な役割を担う。また、人間が周囲の状況に応じ適切なふるまいをするなど、人間の脳が周囲の環境を踏まえ相応にふさわしい理解や判断をし続ける仕組みが注目され、いわゆる脳科学の一環として「脳内の情報処理」という切り口で解明が進められている。

このように、脳の活動に関する研究は、円滑なコミュニケーションや効率的な情報処理の実現に向けた研究開発へとつながるものであり、また脳の活動に関する研究の成果をICTに応用することで、現在のICTを根底から変革する可能性がある。

さらに近年、脳の活動状況を計測する機器の進歩により、脳の詳細な活動状況やその仕組みの解明が進みつつあり、その成果を実用分野に応用しようとする萌芽的な試みが始められつつある。今後のICT研究開発を考えるうえでも、脳の活動に関する研究成果をICTに応用するという切り口の重要度が増しつつあると考えられる。

本懇談会は、脳の活動に関する研究成果をICTに応用する「脳情報通信」技術により、現状のICTでは解決が困難な課題に対し新たな解決方策を提示するとともに、その方策実現に向けた研究開発の在り方について検討を行った。脳情報通信に関する研究開発では、脳の活動に関する情報という極めてセンシティブな情報を取り扱うものであることから、その検討に当たっては、単に中長期的な目標や研究開発体制などについて検討するだけでなく、他人の思考を勝手に読み取ったり悪用したりといったことが行われないよう、倫理・安全の側面からも研究開発の在り方を検討した。

本懇談会の検討は、今後当面の間、脳情報通信に関する研究開発を推進していく際の礎となるものであり、本報告書が、ICTの更なる発展、ひいては今後の世界の発展に大きく貢献することを期待する。

脳とICTに関する懇談会 主査 柳田 敏雄

目次

第 1 章 脳情報通信研究開発の背景と重要性	・ ・ ・ 1
1. 1 I C T の現状と課題	
1. 2 脳科学の発展と I C T への波及	
1. 3 脳情報通信研究開発の重要性	
1. 4 早急に取り組むべき研究領域	
第 2 章 具体的な研究開発項目	・ ・ ・ 12
2. 1 B F I (Brain-Function installed Information Network)	
2. 2 B M I (Brain-Machine Interface)	
2. 3 H H S (Heart to Heart Science)	
2. 4 各研究領域に密接に関連する技術	
第 3 章 研究開発推進方策	・ ・ ・ 35
3. 1 総合的な研究開発推進体制の確立	
3. 2 研究開発推進に当たっての留意事項	
第 4 章 倫理・安全面に関する検討	・ ・ ・ 41
4. 1 基本的な考え方	
4. 2 倫理・安全面に関する課題と既存ガイドライン等の分析	
4. 3 ガイドライン等に定めることが望ましい項目	

第 1 章 脳情報通信研究開発の 背景と重要性

1.1 ICTの現状と課題

1.1.1 ICTの現状

現在わが国は、ブロードバンドをはじめとするICT基盤の整備が非常に進んだ状況にあるが、その一方で、ブロードバンドを活用したサービスの普及や利活用の面で立ち遅れており、今後、ICTの利活用の推進が望まれている(図1.1参照)。

特に、今後の我が国の成長を目指す新成長戦略の達成に向け、ICTが基盤的役割を担うことが強く期待されている(図1.2参照)。

第1章第1節 ICT利活用の徹底による地域活性化

1 先行する基盤整備と立ち遅れるサービス普及

○我が国は、ブロードバンド基盤整備は進んだものの、ブロードバンドサービス普及(第13位)や利活用(個人第9位、企業第8位、政府第18位)の面で立ち遅れ。特に、電子行政の取組の遅れが目立つ。

ICT総合進展度 第2位	
第1位:韓国	
第2位:日本	
第3位:デンマーク	
第4位:スウェーデン	
第5位:米国	
第6位:オランダ	
第7位:シンガポール	
第8位:スイス	
第9位:フィンランド	
第10位:オーストラリア	
第11位:オーストリア	
第12位:英国	
第13位:カナダ	
第14位:ドイツ	
第15位:ポルトガル	
第16位:ニュージーランド	
第17位:フランス	
第18位:ベルギー	
第19位:スペイン	
第20位:イタリア	
第21位:ロシア	
第22位:ブラジル	
第23位:中国	
第24位:南アフリカ	
第25位:インド	

利活用 第16位	
1. 個人の利活用: 第9位	2. 企業の利活用: 第8位
3. 政府の利活用: 第18位	
4. 固定ネット普及: 第7位	5. モバイル環境普及: 第11位
6. 先進性: 第1位	7. 安定性: 第4位
8. 許容性: 第1位	

(出典)総務省「ICT基盤に関する国際比較調査」(平成22年)

【出典】
情報通信白書平成22年版概要

図1.1 基盤整備と利活用の進展状況



【出典】
新成長戦略のポイント

図1.2 新成長戦略における戦略分野

1.1.2 顕在化してきたICTの課題

更なる利活用が望まれるICTであるが、現状の技術では以下に掲げる課題に対し、適切な対処を講じることができない可能性が指摘されている。

(1) 情報量の爆発的増加

社会・経済のインフラとして機能する情報通信ネットワークでは、多種多様な情報が大量に流通しており、情報量は急激に増加してきている（図1. 3参照）。同時に、情報通信ネットワークが広く利用されるようになったことで、ネットワーク自体も大規模かつ複雑なものとなってきた。

このような中、ICTの進展により、誰でも大容量の情報を簡単に生み出すことができるようになったことから、今後ネットワークを流通する情報量がさらに増加していくことも予測されている（図1. 4参照）。

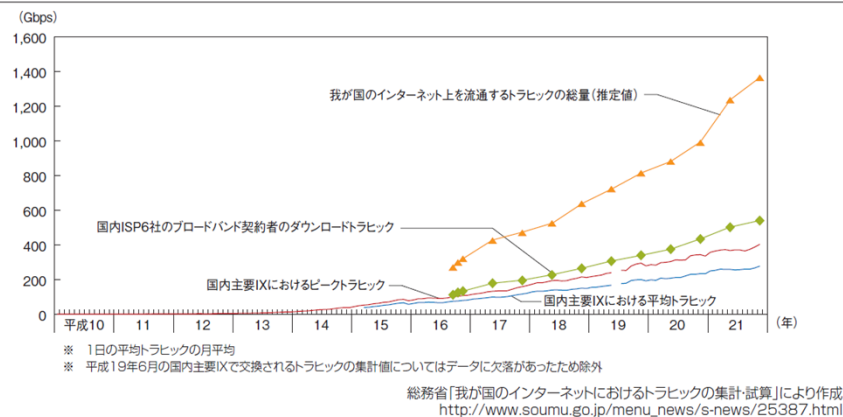
このような情報量の爆発的増加が発生した場合、

- ・大災害等によりネットワークに多数の断線が生じる等の障害が発生した場合であっても、現状の技術の延長でネットワークを安定的に制御できるのか、また仮に制御できたとしても、エネルギー消費量に問題はないのか

- ・膨大な情報を受け取った際に、人間はその情報を利活用できるのか

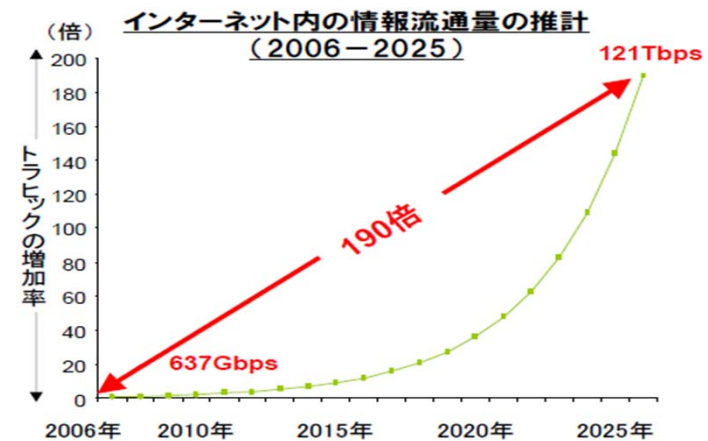
等の問題の顕在化が懸念される。

図表4-3-3-11 我が国のインターネット上を流通するトラフィックの推移



【出典】
情報通信白書平成22年版

図1. 3 インターネット上の情報通信量の推移



【出典】
経済産業省 第1回 グリーンITイニシアティブ会議配布資料「グリーンITイニシアティブ」

図1. 4 インターネット上の情報通信量の推計

(2) 人間の意図を機器に伝える手段の限界

ICTと人間を繋ぐインタフェースは、紙とタイプライターの時代の入出力方法をICT用に改良したものが大半であるため、人間が真に伝えたいことを容易に表現できる道具になっていない。

このため、人間がICTを用いてコミュニケーションを行うに際し、自分が伝えたいことをパソコンや機器に容易に入力できない、相手に伝えたい内容を真に表現する手段が無いといった問題が生じている（図1. 5参照）。

さらにICTの発展に伴い、様々な機器が登場し、またその機能の多様化も進んでいることから、機器の操作そのものも難しくなっている。

このような中、音声入出力、タッチパネル等の新たな技術の導入により、ある程度の改善は図られているが、高齢者やチャレンジド（障がい者）にとっては、使用することが困難な機器も数多く存在する。



図1. 5 ICTを用いたコミュニケーションの限界の例

1.2 脳科学の発展とICTへの波及

1.2.1 脳科学を支える脳活動計測技術の高度化

脳科学は、脳がどのような仕組みでどのように活動しているのかの解明を目指す科学である。したがって、脳科学の研究に当たっては、脳の活動を詳細に計測し、分析することが必須である。

その脳の活動を計測・分析する方法は複数存在するが、人間の脳活動を計測するに当たっては、測定対象となる人間を傷つけない「非侵襲型」の計測方法が用いられることが望ましい。各種の非侵襲型脳活動計測方法は、計測素子の小型化・高性能化、分析に用いるコンピュータの高速化等により、近年、精度が大幅に向上するなど格段に高性能化が進み、また低価格化による普及が進んだことから、人体に大きな負担をかけることなく従来より微細な脳活動測定をほぼ実時間で容易に行うことが可能になった。

これにより、ある特定の動作をした際に脳のどこが活性化するのか等、脳の仕組みが解明されつつあるなど、脳科学が大いに発展を遂げた。

なお、わが国は、様々な非侵襲型脳活動計測方法において、技術的強みを有しており（図1. 6参照）、脳科学の発展に有利な環境にある。

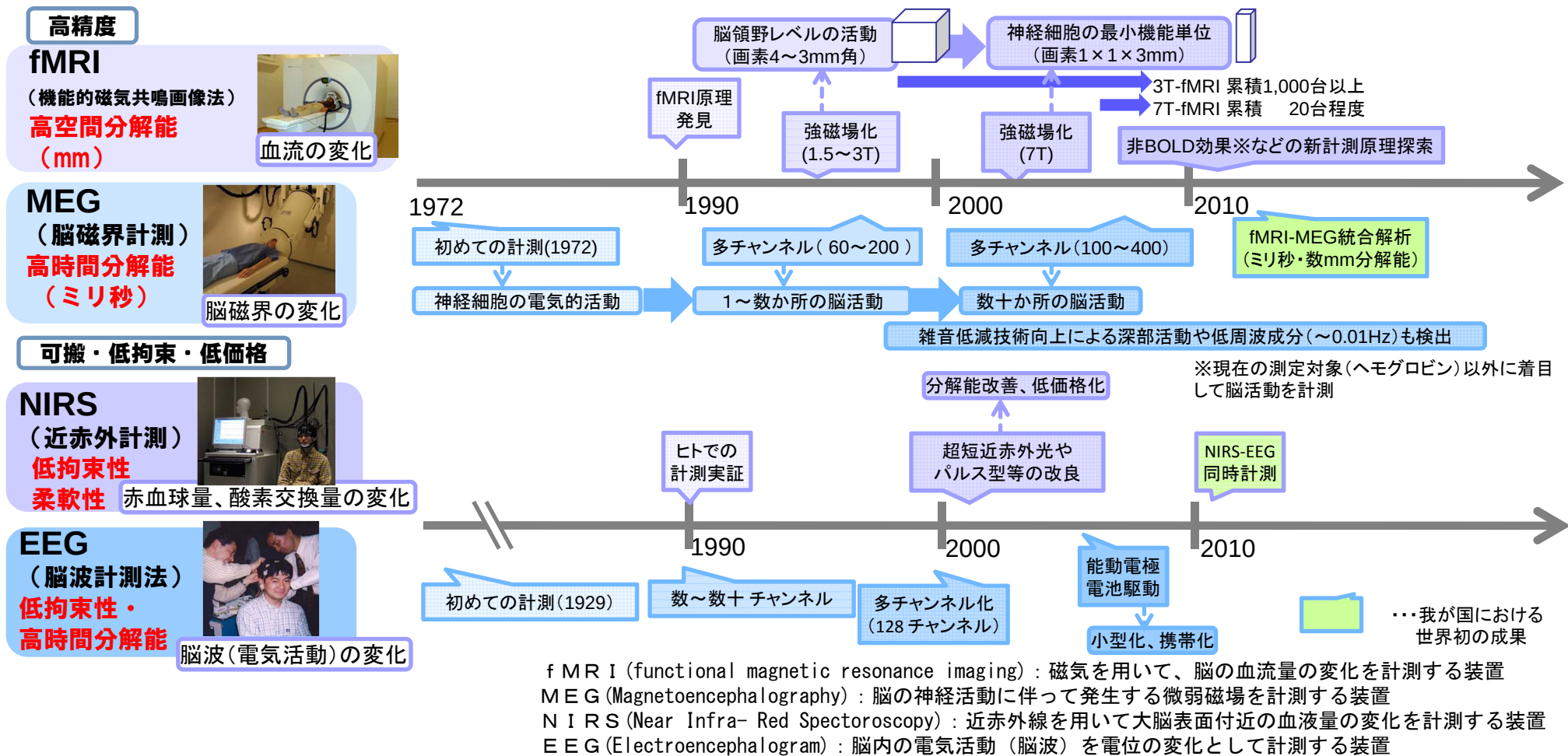


図1. 6 脳活動計測方法の高度化とわが国の強み

1.2.2 発展した脳科学のICT等他分野への応用

脳科学が発展したことにより、その成果を心理学や認知科学、そしてICTに代表される工学分野に応用する試みが急速に広がり始めている。例えば心理学では、これまで人間の行動や感情、発達などに関する仮説が多数存在しているものの、その妥当性の検証は極めて困難であったが、脳科学の成果を利用し、仮説から類推されるとおりに脳が活動をしているのかを測定することで、仮説の妥当性を検証する研究が実施されつつある。

また、ICTにおいては、例えば、脳科学の成果をネットワークやヒューマンインタフェースに応用して、今までと異なるネットワーク制御の方式や、利用者が真に伝えたいことを簡便に伝えることができるインタフェースの実現を目指す研究開発が始められている。

このように、脳科学は、様々な分野の研究開発にも貢献する可能性を有する分野であることから、国内及び海外で盛んに取り組まれており（図1.7参照）、今後更なる発展を遂げることが期待される。

国内における取組み状況

単位: 億円

総務省	情報通信研究機構運営費交付金(脳情報通信分野)	8
文部科学省	科学研究費補助金(脳・神経科学系)	62
	脳科学研究戦略推進プログラム	27
	特定領域研究(「統合脳」)	19
	戦略的創造研究推進事業(脳科学領域)	23
	脳科学総合研究事業(理研BSI)	93
厚生労働省	健康科学研究事業(脳科学分野)	3

数値は平成21年度予算(概算)

世界における取組み状況

単位: 億円

アメリカ国立衛生研究所(NIH)	脳医学等研究	4,300
アメリカ国立科学財団(NSF)	脳医学等研究	108
アメリカ国防高等研究計画局(DARPA)	脳科学の工学的応用研究(脳型コンピュータ等)	31
イギリス分子生物学研究所(MRC)	ヒトの認知・行動に関する研究	153
フランス原子力庁高磁場MRI研究センター(NeuroSpin)	脳活動計測技術の研究	40

数値は平成18～23年度の複数年にわたる予算等より推定した単年度予算規模(概算)
(1米ドル=90円、1英ポンド=140円、1ユーロ=110円にて換算)

図1.7 脳科学にかかる国内外の取組み状況

1.3 脳情報通信研究開発の重要性

1. 1で述べたとおり、ICTの利活用の進展に伴い、いくつかの課題が顕在化しつつある。このような中、1.
2. 1で述べたように脳科学の成果をICTへ応用することで、情報量の爆発的増加や、人間の意図を機器に伝える手段の限界といった課題を解決し、ICTが更なる発展を遂げることが期待できる。このような領域の研究を以下では、「脳情報通信研究開発」という。

例えば、情報量の爆発的増加については、周囲の環境を踏まえ相応にふさわしい適応をし続けることが可能な脳内の仕組みを応用し、複雑なネットワークを適切に制御することが可能な技術の開発が期待できる。また、多機能な機器を操作する際に、脳の活動状況を計測・分析することで、利用者が望んだ指示を抽出し、当該指示を実現するための複数の操作を自動的に行うことが可能な技術の開発が期待できる。これらは、顕在化してきたICTの課題を解決しうる、重要な研究開発領域である。

(I) ネットワークで流通する情報量の爆発的増加への対処

(a) 障害に強く超低エネルギー消費なネットワークの実現

1. 1. 2(1)で述べたように、ネットワークで流通する情報量が爆発的に増加し、さらにネットワークの規模が拡大している中、膨大な情報が安定して流通可能なようにネットワークを制御するために必要な計算量は増加の一途をたどっている。例えば大災害によりネットワークにおいて断線などの障害が発生した場合には、その時点で利用可能な回線を用いてネットワークを再構成すべく膨大な計算を行う必要があるが、その計算を行っている間は、利用者が通信を行えない状況が生じる可能性がある。

さらに、ネットワークの制御に必要な消費電力は、ネットワークを再構成する際に必要となる計算量に比例して増加するため、ネットワークの障害への強さ及びネットワークの消費電力の双方の観点から、この計算量を削減することが強く期待されている。

このような中、ヒトの脳は140億個の神経細胞が構成する非常に複雑なネットワークであるにもかかわらず、20W程度と極めて少ない消費エネルギーで、周囲の状況変化に合わせ相応に適切に機能し続けることができる。このような脳の仕組みを解明し、情報通信ネットワークに応用することができれば、障害や状況変化に強く、しかも非常に省エネルギーなネットワークの実現が期待できる。

(b) 人が理解しやすい情報提供の実現

I C Tの発展により、誰もが膨大な情報を容易に受け取ることができるようになったが、人間が理解できる情報量には限界があることから、多種多様で膨大な情報に接した時に、いかに受け取った情報から自分にとって必要なものを抽出するかが課題となっている。今後受け取る情報量が増大し続けた場合、人間がその情報を理解することすら極めて困難となる懸念がある。

脳科学により、人間がどのように情報を理解しているのか、という情報の理解や認知に関わる脳の仕組みが解明できれば、その仕組みを踏まえて情報を提示することで、情報をより理解しやすい形で受取ることが可能になるなど、コミュニケーションの質を向上させる技術への応用が期待できる。

(2) 人間の意図を容易に機器や相手に伝える手段の実現

脳科学の成果を応用し、脳活動計測技術により分析された脳の活動状況から人間の意図を推定することで、複雑な入力作業などを必要とせずにP Cや機器をその人が意図した通りに制御することが可能な、誰もが使いやすいマン・マシン・インタフェースの実現が期待できる（図1．8）。

さらに脳科学が発展し、運動や言語の機能を司る脳の部位の活動状況だけでなく、より抽象的な情動などの脳の機能を司る部位の活動状況を推定することが可能となれば、誰もが真に伝えたい思いを容易に相手に伝えられる、思いどおりのコミュニケーションの実現が期待できる。

脳の活動を計測

脳の活動状況の分析
(意図に関する情報の抽出)

分析結果から「意図」を推定

推定した意図に合わせた行動支援・機器制御

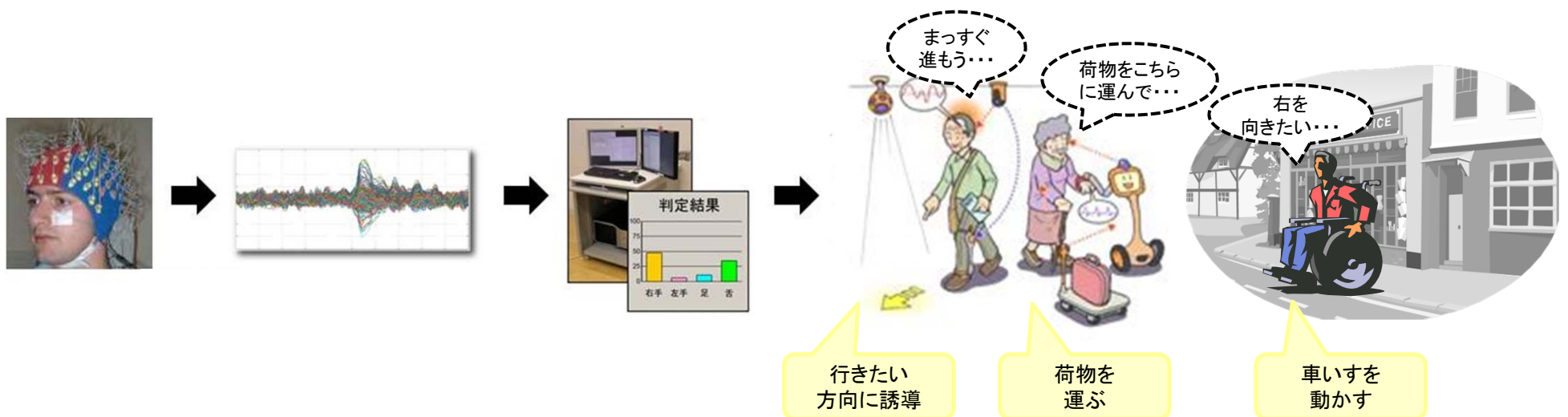


図1. 8 脳活動情報から機器等を制御するマン・マシン・インタフェース

1.4 早急に取り組むべき研究領域

1. 3で述べたとおり、脳情報通信研究開発によりICTにおける課題の解決が期待されており、すでに日本を含む各国が取り組みを始めているが、現在は萌芽的な研究段階にとどまっている。このため、これらの期待に応えるべく、実用化に向けて重点的に取り組むべき領域を具体的に設定し、研究開発を早急に開始することが必要である。1. 3の検討を踏まえて、早急に取り組む必要のある研究領域を具体的に記すと、以下の3項目に大別される。

① 障害に強く超低エネルギー消費なネットワーク制御

1. 3(1)(a)に述べたように、障害に強く省エネルギーな脳の仕組みを応用し、脳の状態制御の仕組みを模倣したネットワーク制御技術確立する。この技術をBFI (Brain-Function installed Information network: 脳の機能を導入したネットワーク) と呼び、BFIの実現により、今後ネットワークがさらに巨大化し、またそこを流れる情報量が爆発的に増加したとしても、ネットワークに障害が生じて利用者が継続して通信を行える、障害に強くかつ低消費エネルギーなネットワーク制御の実現が期待できる。

② 脳活動情報によるPC・機器の制御

1. 3(2)に述べたように、脳活動の計測結果から、利用者の認識、運動意図などを推測し、直接PCや機器を制御する技術確立する。この技術をBMI (Brain-Machine Interface) と呼び、BMIの実現により、介護が必要な高齢者、障がい者（チャレンジド）などの自律的行動の支援や介護の負担を軽減することが期待できる。

③ コミュニケーションの質の向上

1. 3(1)(b)及び1. 3(2)に述べたように、脳活動の計測結果から人間の意図・情動などを推測し、利用者が真に伝えたい内容を機械や人間に伝える技術確立する。また、脳による情報の理解の仕組みを踏まえ、利用者の状態・状況に応じて理解しやすく情報を提示する技術確立する。これらの技術をHHS (Heart to Heart Science) と呼び、HHSの実現により、誰もが真に伝えたいことをスムーズに伝え合えるようになることで、コミュニケーションの質の飛躍的な向上が期待できる。

第2章 具体的な研究開発項目

2.1 B F I (Brain-Function installed Information Network)

2.1.1 ネットワーク制御装置と脳の情報処理の仕組みの違い

B F Iは、現在のネットワークにおいて、経路選択等の処理を担っているネットワーク制御装置を、脳が情報処理を行う仕組みを模倣した装置に置き換えることを目指す技術である。

ネットワーク制御装置では、入力された情報に対し、プログラム、すなわち予め定められたルールに基づき何らかの計算を行うことで、ネットワークを制御している。

また、ゼロと1だけですべての情報を表現するため、あらゆる情報が正確に定義された上で制御が行われる。このため、予め想定されている入力に対しては正確に適切な制御を行うが、想定されていない入力がなされた場合には、適切な制御ができなくなる可能性が高い。このようなネットワーク制御装置の消費電力は、国内ネットワークの重要部分を支えるようなルータやスイッチでは1台あたり10kWを超えている。（例：シスコシステムズ社 CRS-1システム）

一方、脳は、情報が「刺激」として入力された際に、脳全体がより安定するような反応を行い、その反応の結果が出力となる仕組みである。すなわち、「刺激」により多数の脳細胞内でイオンが放出されるなどし、それが新たな刺激となって再度反応がおこる、というプロセスを繰り返し、相応に脳全体が安定的な状態に落ち着いていくことで、最終的な出力がなされる仕組みである。

その際、入力される「刺激」はその種類、大きさとも多様であり予め定義することができない。そのため、脳はあいまいな情報をあいまいなまま処理することができ、これが脳の情報処理の特徴となっている。

このように、脳の仕組みでは、情報処理を行う方法を事前に決定している必要はないことから、予め想定されていない入力がなされた場合でも、ある程度適切な処理がなされることが期待できる一方で、どのような入力に対しても最適な処理がなされる保証がない。このような脳活動に必要な消費エネルギーは脳全体でも20W程度である。

2.1.2 脳の情報処理の基本原理

2. 1. 1で述べたような仕組みは脳の動作でみられるほか、生体内で起こる細胞レベルでの反応や、分子レベルでの反応も類似した仕組みで動作しており、その基本原理を探る研究が進められている。これらの仕組みの基本原理は、まず比較的単純な分子レベルの動作の仕組みを解明する中で、「ゆらぎ方程式」として定式化されている。

類似の仕組みで複雑な動作をする細胞レベルや脳レベルの動作については、ゆらぎ方程式を一般化することで得られる「一般化ゆらぎ方程式」により相応に再現できることから、脳は「一般化ゆらぎ方程式」（以下、単に「ゆらぎ方程式」という。）を基本原理として情報処理を行っていると考えられる（図2. 1参照）。

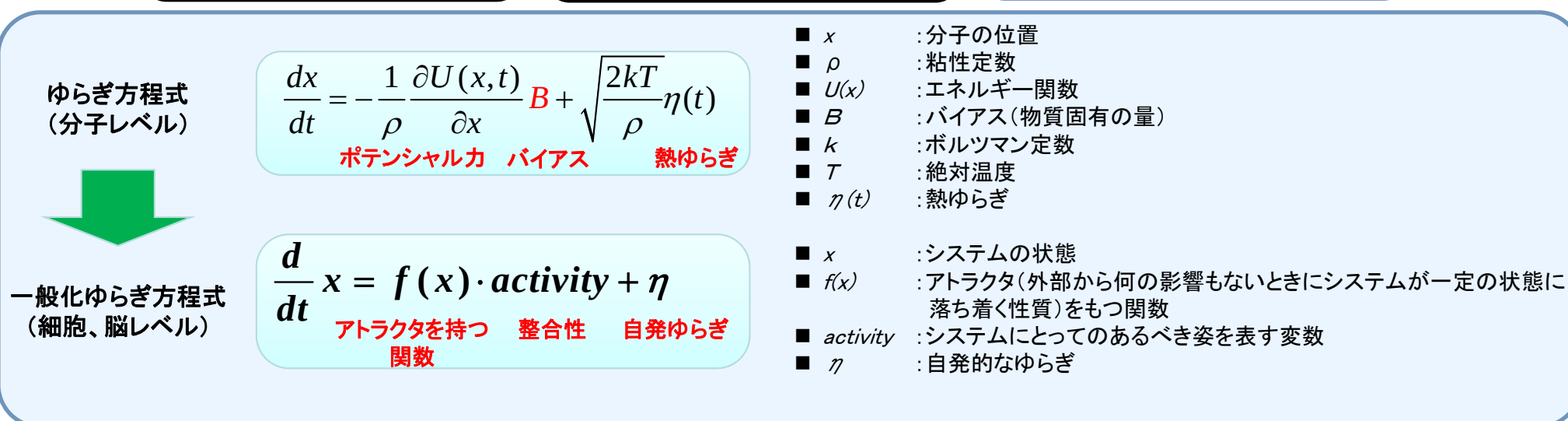
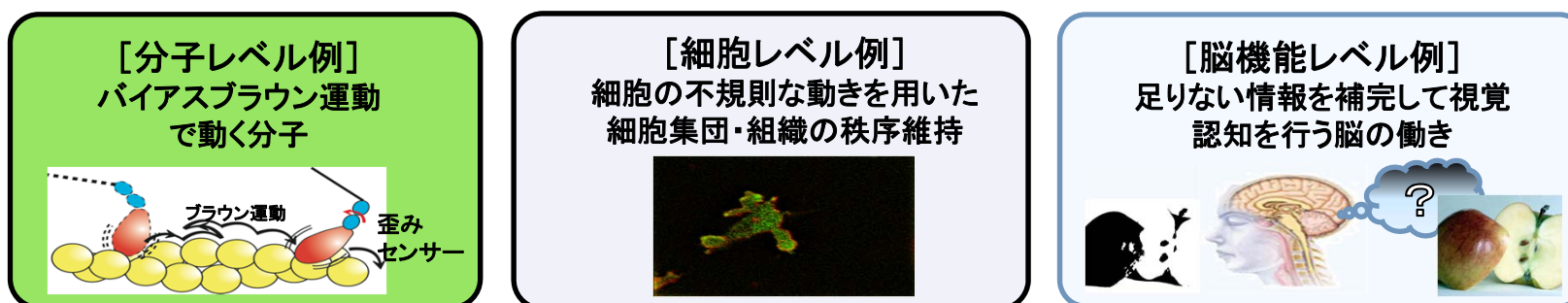


図2. 1 脳をはじめとする生体の動作の基本原理

2.1.3 「ゆらぎ方程式」と様々な制御技術との比較

2. 1. 2で述べたように、脳の情報処理の仕組みは「ゆらぎ方程式」として定式化可能であり、様々な制御等に応用することが可能である。

一方、ICTを含む工学分野においては、これまでも様々な制御技術が開発されてきた。それらの制御技術のうち主だったものと、「ゆらぎ方程式」に基づく制御とを比較すると、図2. 2のように評価できる。

	古典制御(PID※)	ニューラルネット	ファジィ	ゆらぎ
正確性	◎	○	△	△
複雑な対象への対応	×	○	○	○
初めての状況・頻度の低い状況への対応	×	△	△	○
動的な対象への対応	×	△	×	○
適用範囲	線形問題	非線形問題	部分的に記述不可能な問題	厳密に記述不可能な問題

※PID:フィードバック制御の一種であり、入力値の制御を出力値と目標値との偏差(P)、その積分(I)、および微分(D)の3要素によって行う方法

図2. 2 ゆらぎ制御と他の制御方式の比較

これを踏まえると、「ゆらぎ方程式」に基づく制御には、以下のような利点があると考えられる。

- ・動的に変化する対象や、初めての状況、発生頻度の低い状況に対応した制御が可能である。
- ・制御対象全体を把握して厳密な制御モデルを構築する必要が無いため、複雑な対象への適用が容易である。
この性質を生かして制御モデルの簡易化を図ることで計算量を削減できることから、省エネルギーな制御が可能である。

2.1.4 ネットワーク制御に「ゆらぎ方程式」を適用した場合の利点

(1) 障害への強さ

2. 1. 3に述べたように、「ゆらぎ方程式」を用いると動的に変化する対象であっても制御できることから、「ゆらぎ方程式」をネットワークの制御に適用した場合、トラヒックの変動やノード／リンクの故障などによりネットワークの状況が急変した場合であっても、継続的に制御を行うことが可能である。すなわち、常に最適な経路が選択されることは保証されないが、例えば基幹回線の切断や輻輳の発生等大規模な障害が発生した場合でも、相応に適切な経路を用いて利用者の通信を維持することが可能となる等、障害などの不確定変動に対して耐性の高い制御が実現可能となる。

(2) 低エネルギー消費化

2. 1. 3に述べたように、現状のICTを用いたネットワーク制御に比べ、脳の情報処理の仕組みを表す「ゆらぎ方程式」に基づくネットワーク制御が実現すれば、制御に要する計算量を大幅に削減できる、すなわち低エネルギー消費化を実現できる可能性がある。

例えば、経路制御に要する計算量は、ネットワーク内にあるルータの数を N 、それぞれのルータが持ちうる経路パターンを K とすると、

- ・現在一般的に用いられている経路制御方式の場合は、 $N \times N$ に比例
- ・「ゆらぎ方程式」による経路制御方式の場合は、 $K \times N$ に比例

することから、ルータの台数が多い大規模なネットワークであるほど「ゆらぎ方程式」による制御の方が計算量がより少なくなることになる。現在のインターネットはルータ数十万台規模であり、もし現在のインターネットをすべて「ゆらぎ方程式」による経路制御方式に置き換えれば、計算量は現在に比べて圧倒的に少ないことになる（図2.3参照）。

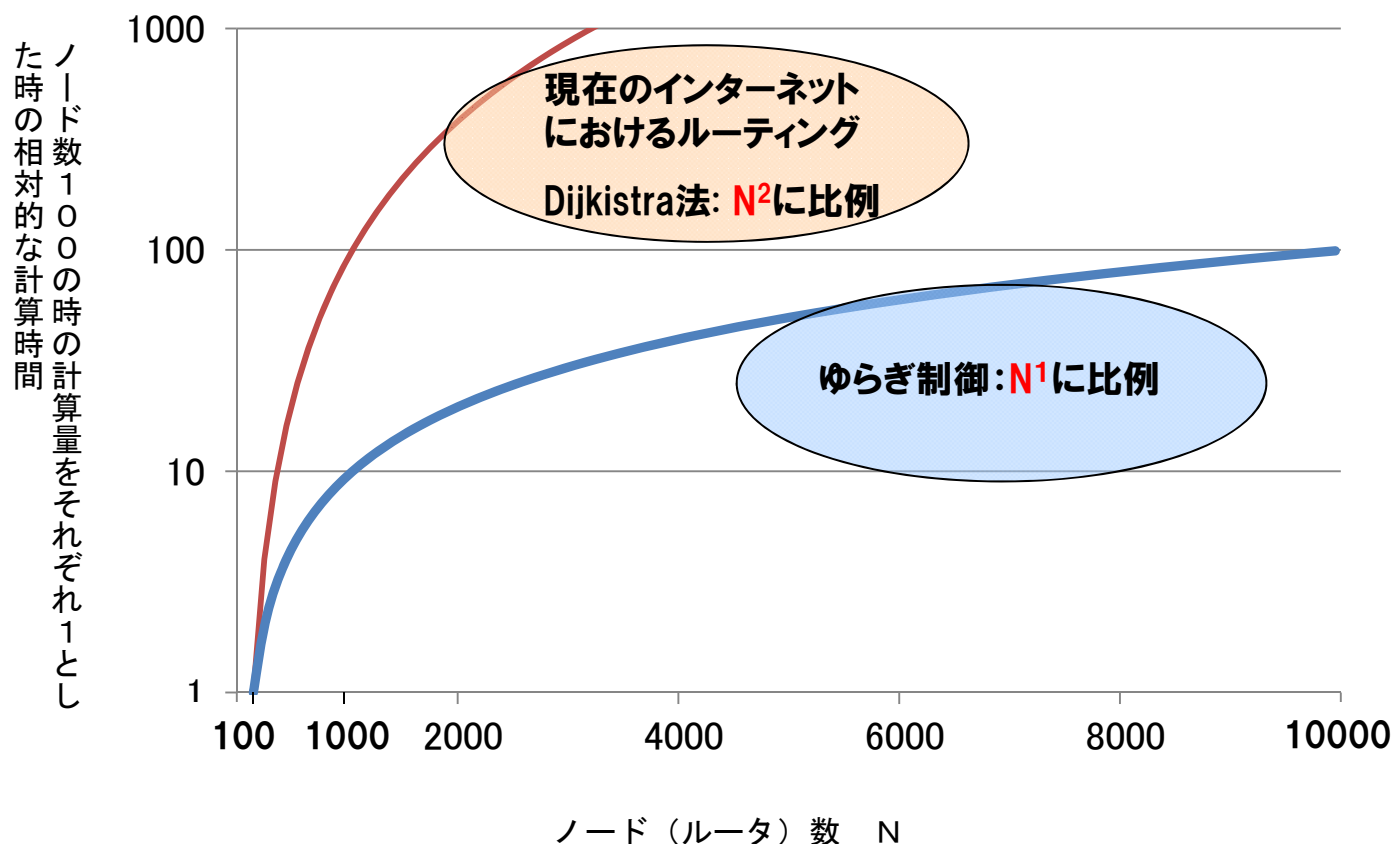


図2.3 ゆらぎ制御による計算量削減イメージ

2.1.5 「ゆらぎ方程式」のネットワーク制御への適用手法

図2. 1に示したように、「ゆらぎ方程式」は、「アトラクタ（外部から何の影響もないときにシステムが一定の状態に落ち着く性質）を持つ制御構造を示す関数」と、「整合性」、そして「ゆらぎ」の3つをパラメータとする式で表現され、「ゆらぎ方程式」に基づく制御は、この方程式の解が最もゼロに近づくように「アトラクタを持つ制御構造」を変化させることで行われる（図2. 4参照）。

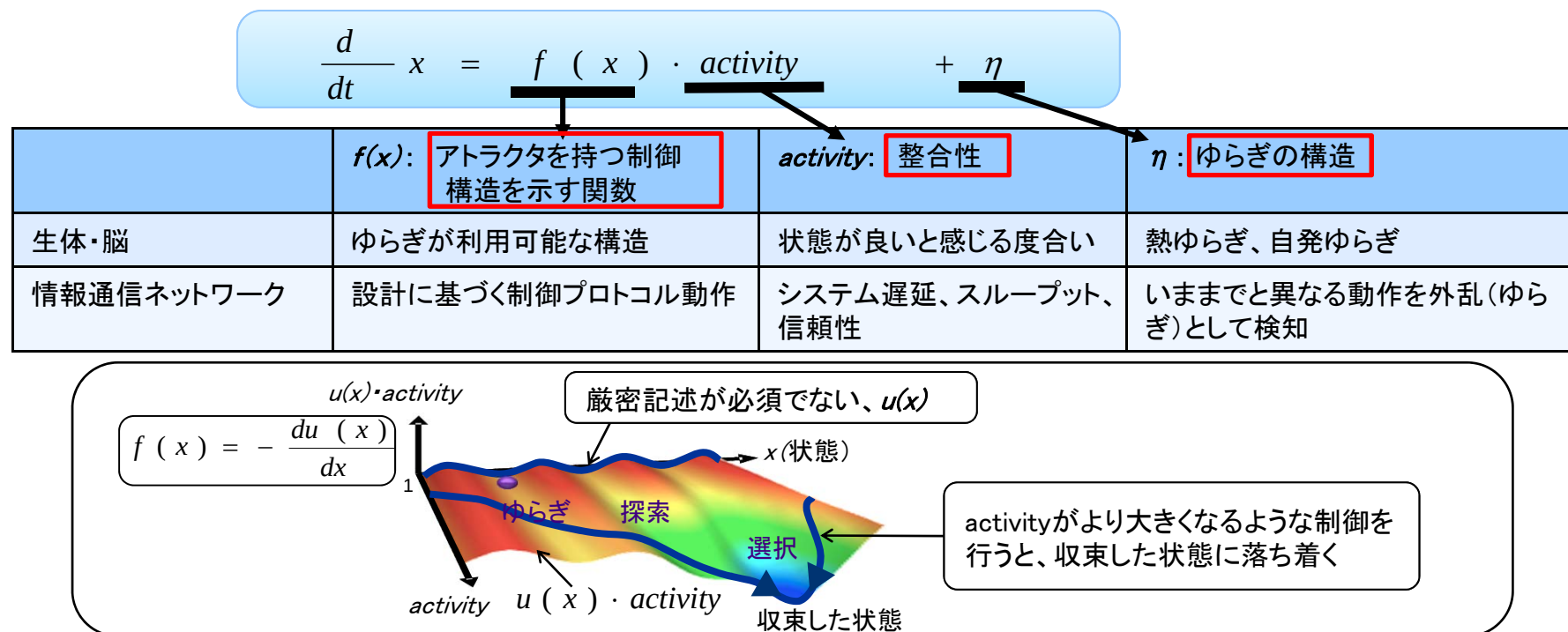


図2. 4 ゆらぎ方程式の情報ネットワーク制御への適用イメージ

「ゆらぎ方程式」をネットワーク制御に適用するためには、

- ① 通信の遅延時間、スループット、信頼性など、サービスに求められる品質を「整合性」として数式化すること
 - ② 機器の故障など想定外の事象が発生した場合に、その事象により生じる外乱を「ゆらぎ」として数式化すること
 - ③ 式の解がゼロに近づくような、ネットワーク構造に基づく「アトラクタを持つ制御構造」を求めること
- が必要となる。

2.1.6 B F Iにおける研究開発項目

前項までに述べたように、脳は非常に小さなエネルギーでも動き、どのような状況でもある程度適切に処理をすることができるなどの優れた特徴を有していることから、この脳の仕組みをネットワークの制御に応用することが当面の研究開発課題として考えられる。

脳の仕組みをネットワークの制御に応用するにあたっての具体的な研究開発項目は、以下のとおりである。

① 自己組織型超高速・省エネ経路制御技術

変動している通信状況を環境情報として取得し、適応的かつ即応的にネットワーク経路を探索でき、かつエネルギー消費が少ない経路制御技術を確立する。

② 「自己修復型」ネットワークインフラ制御技術

機器や回線の故障などの環境変動に適応し、即応的に光ネットワークにおける波長パス設定を行うなど、ネットワーク資源の柔軟な動的配分を可能とするインフラ制御技術を確立する。

③ 既存のネットワークに新たな制御技術を順次導入する技術

新たなネットワーク制御技術を、既存のネットワークに一斉に導入することは極めて困難であることから、現状の技術で構築されたネットワークに対し、徐々に新たな制御技術を導入する際に複数の制御技術が混在する状況でもネットワークを運用可能とする技術を確立する。

④ その他

今後も新たな脳科学の成果が得られることが期待されることから、脳科学の発展の進捗を注視しつつ、さらに新たなネットワーク制御メカニズムを実現も可能となるよう、脳の情報処理の基本原理をネットワーク制御に応用するための基礎理論の実証等を継続する。

2.2 BMI (Brain-Machine Interface)

2.2.1 BMIの現状

(1) BMIの種類

被験者が意図する動作を機器が支援することで運動障害の回復・正常化を図るBMI、被験者が考えるだけでロボットの簡単な動作を制御できるBMIなどの研究開発が複数の研究機関で進められている。それらは、BMIの利用目的や計測手法などによって下記のように分類することが可能である。

BMIは、脳の活動状況を外部から計測しその情報を解読して機械等に出力する「出力型」と、視覚等の感覚情報を感覚器官によらず機械経由で直接脳に入力する「入力型」とに大別される。「出力型」のBMIについては、さらに、手術により脳の表面や内部に電極を設置し脳活動を計測する「侵襲型」が欧米を中心に開発されてきたが、わが国では手術を伴わず頭皮表面上のセンサから脳活動を計測する「非侵襲型」が発達している（図2.5参照）。

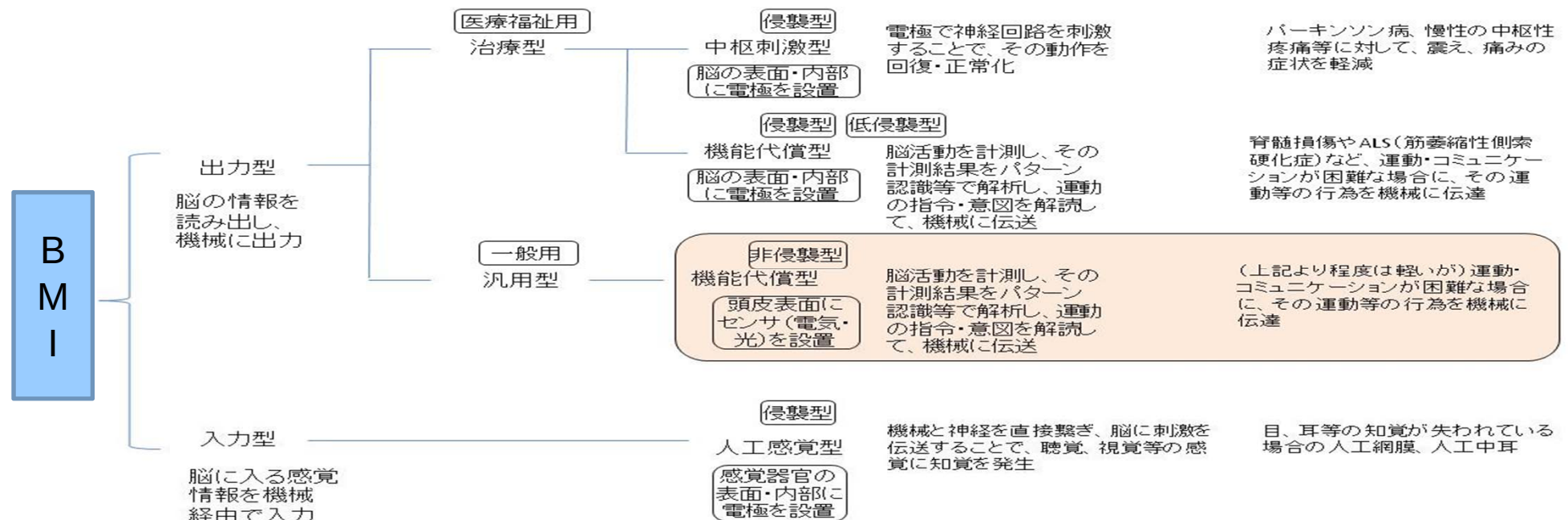


図2.5 BMIの種類

(2) BMIにおける日本の強み

2. 2. 1に述べたように、わが国では非侵襲型のBMIが発達している。これは、システム神経科学、先端医療、MEMS（Micro Electro Mechanical System：微小電気機械素子）をはじめとした工学分野、脳活動情報の解読（以下、「デコーディング」という。）を目指す計算論的神経科学と呼ばれる分野など、非侵襲型のBMIの開発に必要な多様な分野の技術が総合的に進展しているためと考えられる。

わが国は、近赤外線を用いて頭皮近傍の脳の血流を計測するNIRS（Near - InfraRed Spectroscopy：近赤外光脳計測）装置に強みがあり、世界のシェアの殆どを日本国内メーカ2社で占有している。これは工学に関する強みの例といえる。さらに両社は、計測信号を無線で伝送する携帯型システムの開発にも取り組んでいる。現在開発中の携帯型システムは、ネットワークを利用するのではなく近傍に置いた処理部までの伝送を無線で行うものであるため、被験者の行動範囲は一定の制限を受けるものであるが、このような取り組みは非侵襲BMIの適用範囲を広げることにつながり、日本の強みがさらに優位なものになることが期待されている。

また、わが国は、脳波だけではなく、血流や脳磁場の非侵襲計測情報のデコーディングを行う技術でも強みを有している。例えば、磁気を用いて脳内の血流量の変化を計測するfMRI（Functional Magnetic Resonance Imaging：機能的核磁気共鳴画像法）を用いたものでは、被験者が見ている画像を非侵襲デコーディングにより再構成することなどに世界で初めて成功した。さらに、脳波とNIRS、神経活動から生じる磁気を計測するMEG

（MagnetoEncephaloGraphy：脳磁図）とfMRIを組み合わせ、大脳皮質の表面上の電流を推定しデコーディングを行う手法でも世界をリードしている。この手法により、被験者が念じた動作をロボットに再現させたり、手の指を動かした軌道をリアルタイムに再構成することに成功している開発例がある（図2. 6参照）。



図 2. 6 非侵襲デコーディング技術例

2.2.2 ICTの活用によるBMIの更なる発展への期待

現状のコミュニケーションでは、感覚器官や運動器官などを通じて情報のやり取りを行っている。しかしながら、BMIを用いることで、それらの器官を介さずに脳内の信号を直接言葉、映像等に変換する、またはその逆が可能となることから、コミュニケーションを大きく変革しうる可能性を有している。

そのような中、我が国は、1. 1. 1で述べたとおり、ブロードバンドネットワークによるICT基盤の整備が非常に進展しており、いつでも誰でも、高速で大容量の情報を送ることや受け取ることが可能であり、このようなICT基盤を活用することでBMIを使用場所の制約から解放することが可能となる。またデコーディング技術が一層の進展を遂げることで、対象となる利用者や利用できる機能を拡大することも可能となる。

このように、ICTを活用したBMIは、医療機関等における治療やリハビリなど特定の場所・用途への利用だけでなく、日常生活における機器の制御や移動、コミュニケーション等の支援も可能な、一種の社会インフラになる可能性がある。

2.2.3 BMIにおける研究開発項目

現在の非侵襲型BMIは、利用者の頭部に装着するセンサが長時間の利用を考慮して設計されたものではないことや、相応の精度で脳の活動状況を計測、解読するために必要な装置が大型であること等から、その適用範囲は主に実験室内や医療機関に限られている。

また、計測装置が比較的簡便な脳波だけを用いたBMIの場合、脳の活動状況の計測、解読の精度が上がり難い方式であることだけでなく、ユーザが思い通りの脳波を出せるようになるために長期間の訓練を行うことが必要であるという問題がある。

このようなことから、デコーディングに必要な大型で複雑な装置を、ネットワークの活用により利用者の遠隔に配置し、解読結果を短時間に伝送することで、利用者が広範囲に行動することができるBMIシステムの実現が求められる。また、複数の脳活動計測方法で同時に計測し、その結果を組み合わせた解析をすることで、日常的に装着できる携行が容易な計測装置であっても、ユーザが長期間の訓練を行うことなく、高精度に脳の活動状況を解読可能なBMIシステムの実現が求められる。

したがって今後のBMIの研究開発においては、日常的に使用できるような脳活動計測装置の小型化技術に加え、利用者の生活を支援する機器として許容される比較的短い応答時間を実現するため、脳活動計測情報の短時間伝送等のネットワーク技術等が当面の研究開発課題となると考えられる。

BMI を日常的に利用可能とするにあたっての具体的な開発項目は、以下のとおりである。

① 日常的に装着できる小型・軽量な計測装置の実現

(a) 高精度脳活動情報センシング技術

デコーディングに必要となる信号の精度を確保しつつ、頭部に装着する計測装置を小型・軽量化する技術を確立する。

② ネットワークを通じた脳活動計測情報の短時間伝送技術

(b) ネットワークシステム技術

利用者の手元にある小型・軽量の機器において、脳活動計測情報を符号化する等の簡便な処理を行い、それを高速な無線ネットワークを通じて、デコーディングを行う装置に短時間で伝送可能なネットワークシステム技術を確立する。これにより、デコーディングを行う装置を利用者の遠隔に配置しつつ、利用者の生活を支援する機器として許容される比較的短い応答時間を実現する。

(c) 実時間脳活動情報解読技術

利用者の行動とその際に計測される脳の活動状況とを対比可能とすべく、利用者の行動や感情などのデータをあらかじめ蓄積し、デコーディングの際に対比・参照することによりデコーディングに許容される時間内に迅速で正確なデコーディングを可能とする技術を確立する。

なお、情報の蓄積に当たっては、後に対比・参照することが容易となるよう、利用者の行動や感情等を記録する生体計測情報と、脳活動計測情報を関連付けて取得し、蓄積することが必要である。

さらに、BMI システムを日常のコミュニケーションで利用できるものとすることで、例えば、軽い病状の脳卒中、高齢などでコミュニケーション機能に衰えのある要介護者に対して、意図や情動を周囲の介護者に伝えるなど、要介護者等の自立支援に活用することが期待される。そこで、BMI により解読可能な行動や感情等の数を増やすことも当面の研究開発課題であると考えられることから、単純な運動意図に加えて、複雑な運動、さらに気分や情動など、より高次の脳機能を脳活動計測情報から推定する技術を確立する。

(d) 高度脳活動情報抽出技術

日常生活の中で計測される脳活動信号には、様々なノイズが混在することが想定されることから、このようなノイズを除去し、日常生活におけるデコーディングに必要な情報を抽出する技術を確認する。

本節に述べた技術の確立により実現される「ネットワーク型BMIシステム」（ネットワークを介して利用者の運動等の指令・意図を脳活動情報の解析により推定し機械や介護者に伝えるシステム）の概要と必要な技術を図2.7に示す。

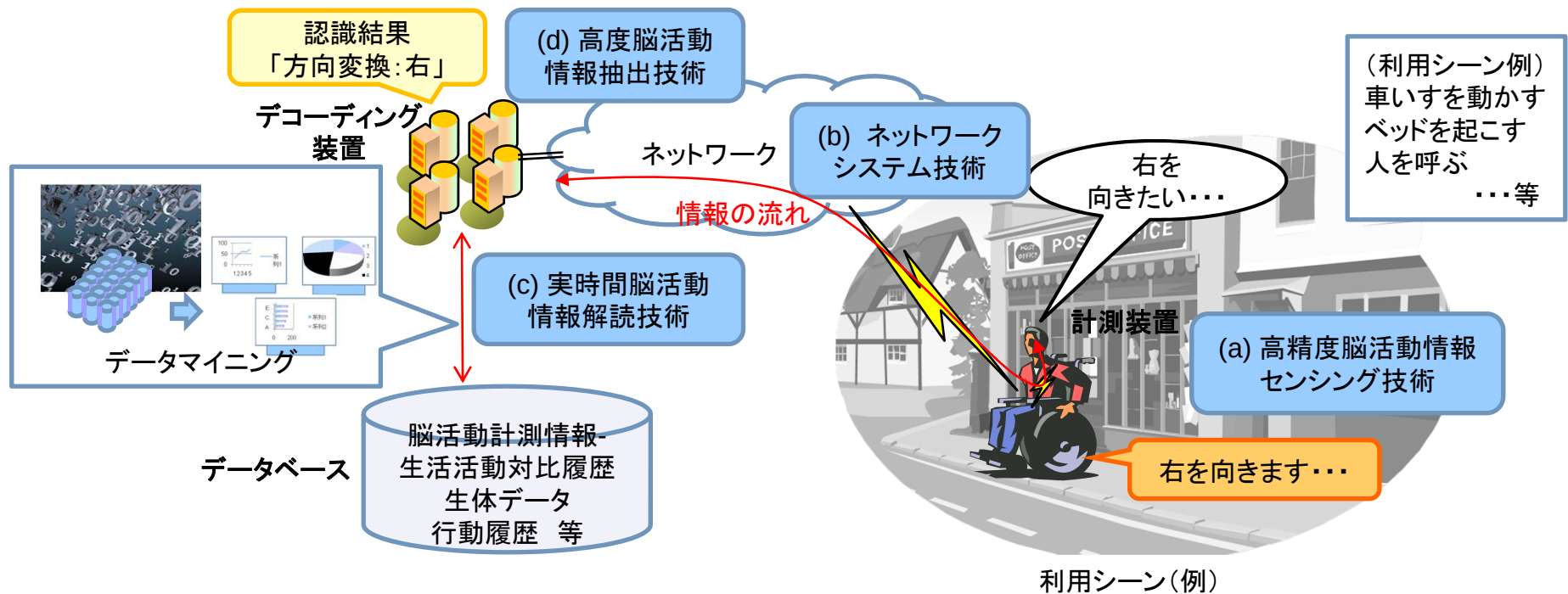


図2.7 ネットワーク型BMIシステムの概要

2.3 HHS (Heart to Heart Science)

2.3.1 HHSの定義

コミュニケーションの究極の目的は「伝えたい意味が正しく理解され、人間同士が創造的に協力する」ことにある。一方で、1. 1. 2で述べたとおり、ICTネットワークを流通する情報量の増大や、ICT機器及びその機能の多様化により、コミュニケーション本来の目的を達成することが難しくなっている。

HHSとは、コミュニケーションの中核となる「意味理解」、「認識」、「情動」と関係する脳の高次機能プロセスを科学的に解明することで、人が言葉の意味を理解したり、情報の内容を認識することのサポートを目指すものである。これにより、コミュニケーションにおける誤解を低減したり、脳の創発的活動を刺激して新たな価値を創造するコミュニケーションを実現するなど、人間のコミュニケーションの質の変革を目指すとともに、BMIの高度化・発展への寄与も目指すものである（図2.8参照）。

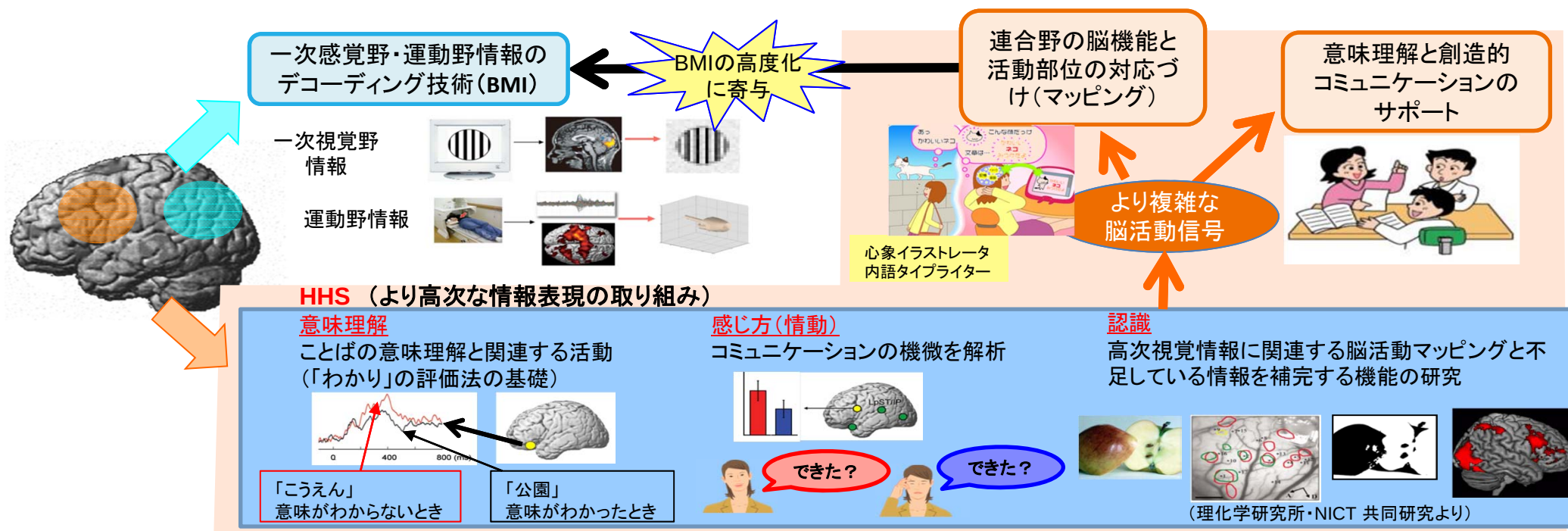


図2.8 コミュニケーションの質の変革への取り組み

2.3.2 HHSへの期待

意味理解、認識、感じ方（情動）などの研究を進めることにより、今までは困難であったより高次な脳活動情報の解析が可能となり、

- ① ユーザの状況に合わせた最適な情報表示、超臨場感の創出
- ② 感情も含めた表現を示せる入出力、距離感など認識と現実のずれを補う入出力
- ③ ひらめき等の創発的活動を促進するような創造的コミュニケーション環境の提供

という形でのコミュニケーション能力の増進が期待できる。各々の実現イメージを図2.9に示す。

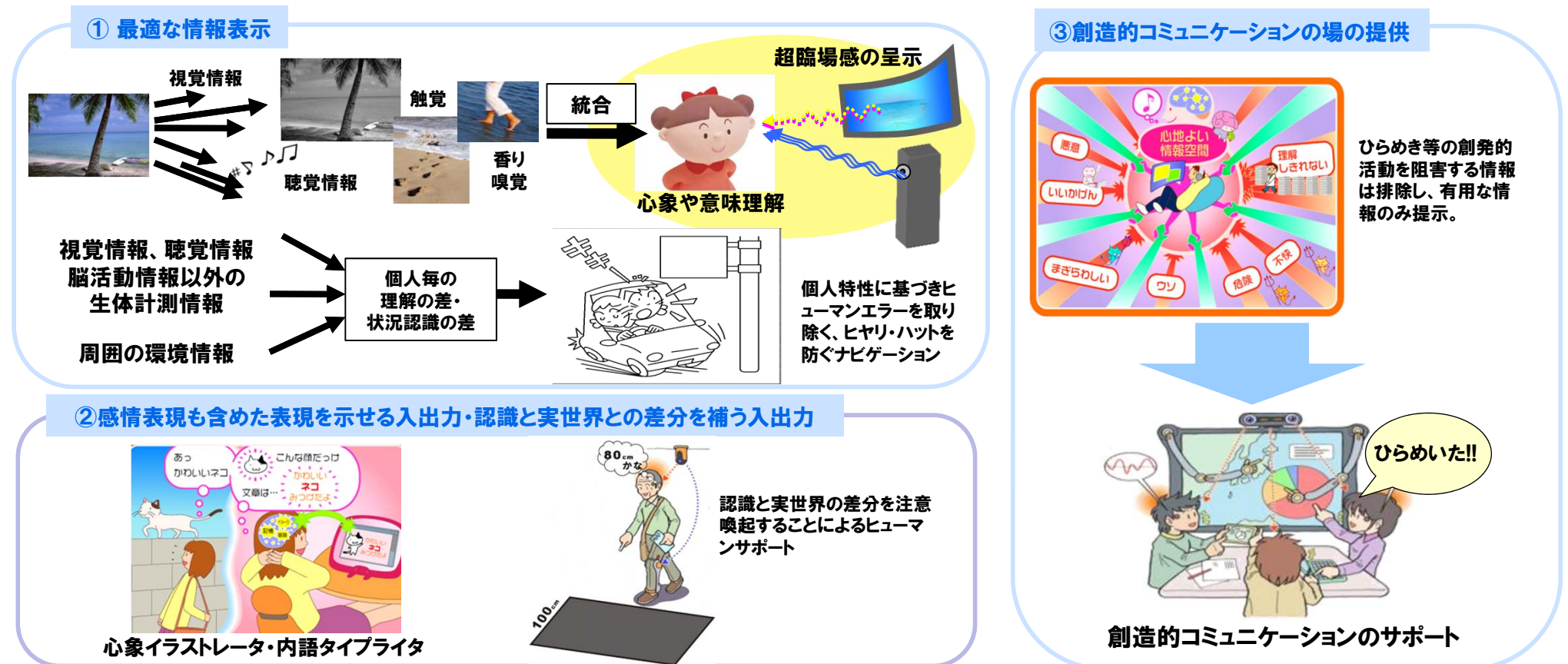


図2.9 HHSの実現イメージ

2.3.3 HHSにおける研究項目

HHSを実現するためには、脳活動について「①どこが働いているか」、「②どのように働いているか」及び「③なぜそのように働いているか」を解明することが必要である。現時点では、①について解明され始めたところであるため、当面は①及び②を解明するための研究を進めることが課題となると考えられる。上記①～③と、HHSの実現に至るまでに必要な研究項目との関連を図2.10に示す。

①及び②の解明に必要な研究項目はそれぞれ以下のとおりである。

① どこが働いているか（特定の機能と脳の活動部位の対応付け（マッピング））

- ・ 視覚による認識に関連する脳活動部位のマッピング
- ・ 視覚や聴覚などの感覚の種類を越えて共通して意味に対して活動する脳の部位のマッピング
- ・ コミュニケーションの機微など感じ方、情動に関わる脳活動部位のマッピング

② どのように働いているか（活動経路・部位間相互作用の特定）

- ・ 前頭葉から他の部位へ伝達される脳活動を制御する信号の伝わり方の解明
- ・ 情報の少ない画像などを見て、不足している情報を自発的に補完しそれが何かがわかるときの、視覚に関連する部位の役割の解明

なお、これらの研究を行うに当たっては、脳活動計測情報だけからでは実際の動作・感情と付き合わせた解析が困難である可能性があることから、BMIと同様に脳活動計測情報と関連付けた生体計測情報等を取得し、その分析結果を活用することが必要である。

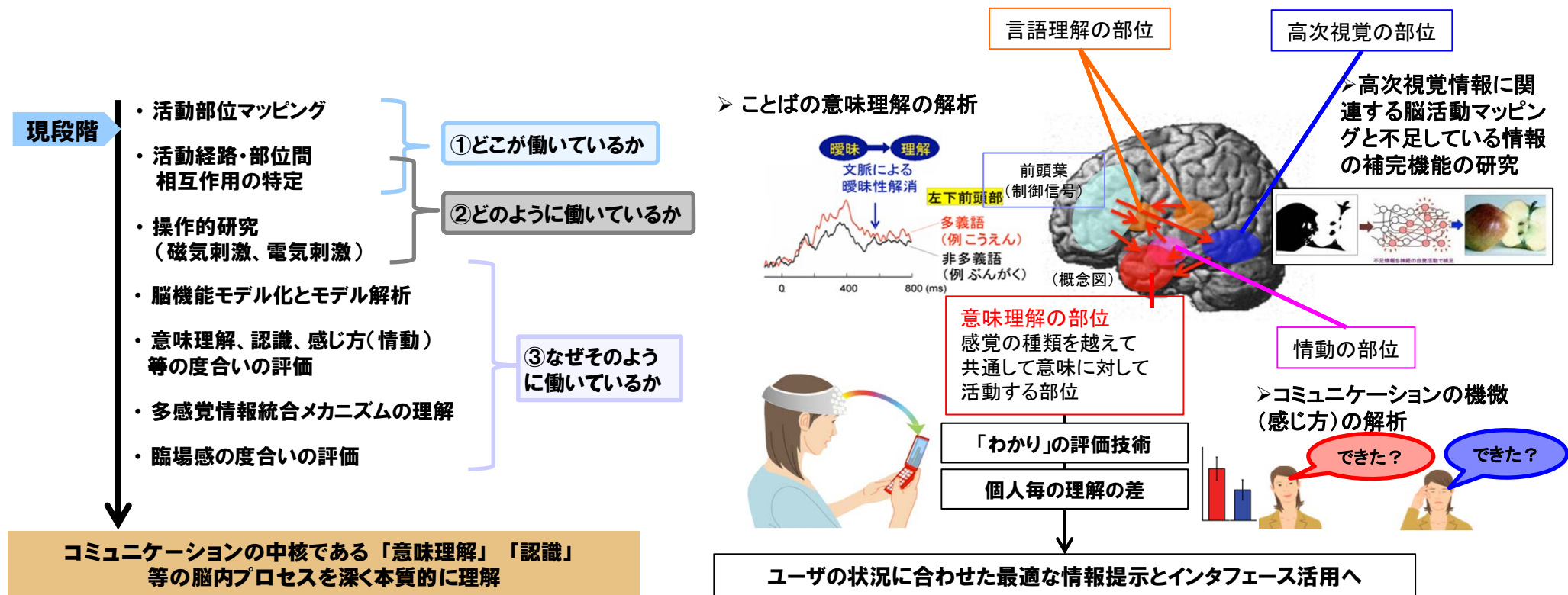


図2.10 研究開発フェーズと研究開発項目

2.4 各研究領域に密接に関連する技術

今後、脳情報通信研究開発を推進するに当たり、その高度化に必要な技術は各領域に共通するものが多数存在する（図2.11参照）。このため、脳情報通信研究開発の全体像を念頭に、これらの共通技術の研究開発を一体的に進める必要がある。具体的な研究開発項目は、以下のとおりである。

- ① 脳活動計測技術の高精度化・高度化
- ② 脳機能モデルの構築
- ③ 脳活動計測情報の無線伝送技術の規格化
- ④ 脳活動計測情報の蓄積及びデータマイニング

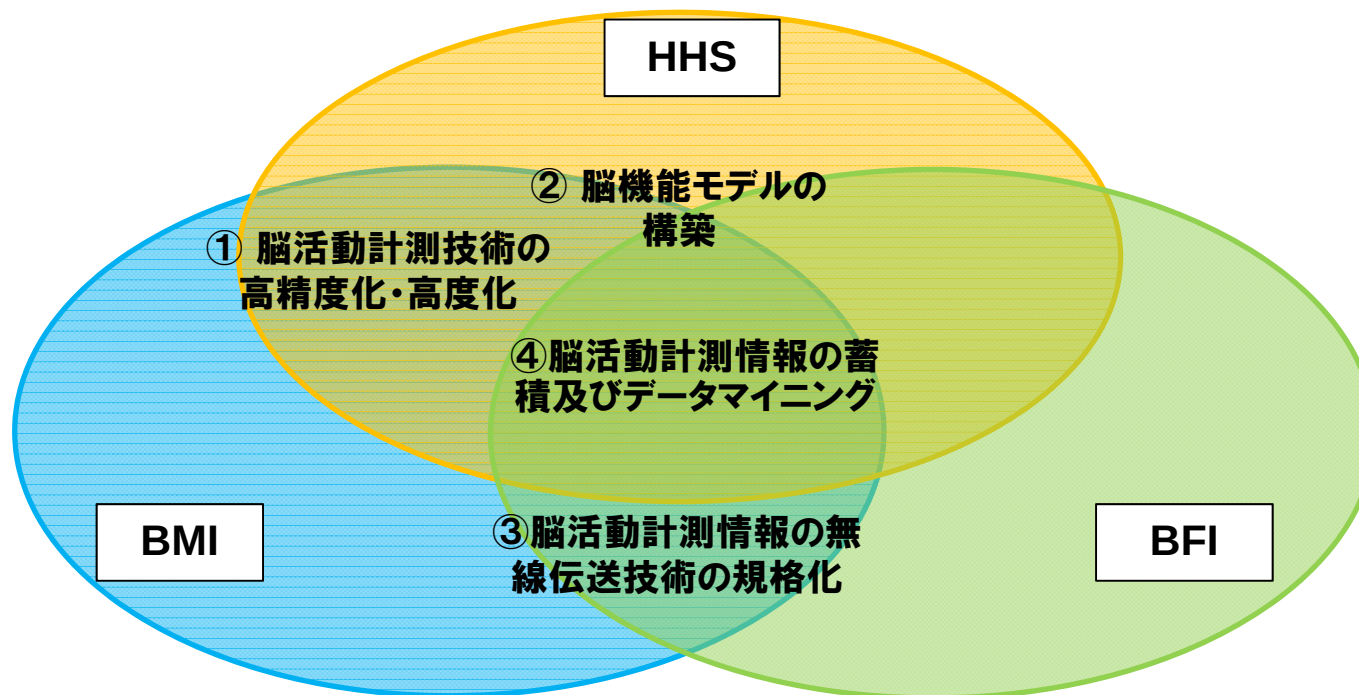


図2.11 共通技術の全体像

① 脳活動計測技術の高精度化・高度化

(a) 計測技術

計測技術は、今後もさらに発展することが期待できるが、計測性能の向上により、デコーディングできる内容の正確性向上だけでなく、解読できる内容の多様化など質的な向上にも資することが期待される。

(b) 解析技術

従来、計測技術は各々単独で進展してきたが、複数の装置による同時計測、複数の計測データを組み合わせた脳活動推定などの解析技術の高度化に関する継続的な取り組みが行われている。その実現により、脳活動計測の精度の向上とともにデータの信頼性向上にも寄与する等、脳活動計測技術の大きな進展が期待される。

計測技術の高精度化・高度化を図るべき事項を図2.12に示す。

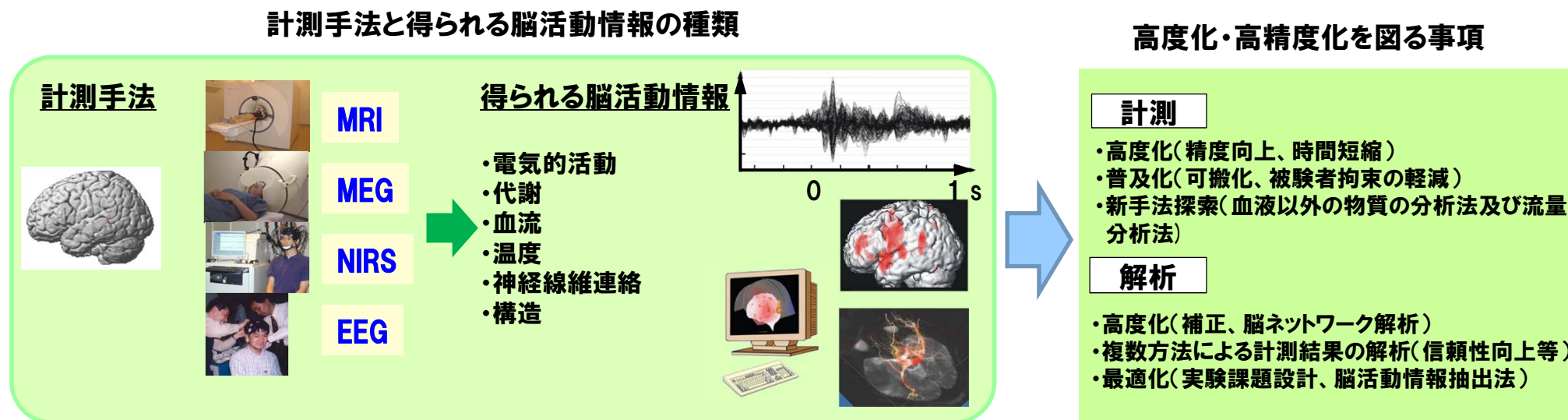


図2.12 計測技術の高度化・高精度化

② 脳機能モデルの構築

視覚認識、言語理解、運動制御等の個別の脳機能を担う部位のマッピングに加え、認識、意味理解、創造性やストレスに関連した複数の脳の部位および相互作用など、脳の動的な活動まで含めたモデル化を行った脳機能モデルを構築することで、視覚、言語に関する活動だけでなく、情動の推定や意味理解度の評価など、より広い精神的活動を対象とすることができるようになる可能性がある。

脳機能モデル化のためには、従来の生物学・心理学の基盤に加えて、ネットワーク科学・情報工学・物理学・数学・化学などの活用が重要な役割を果たすと想定されている（図2.13参照）。

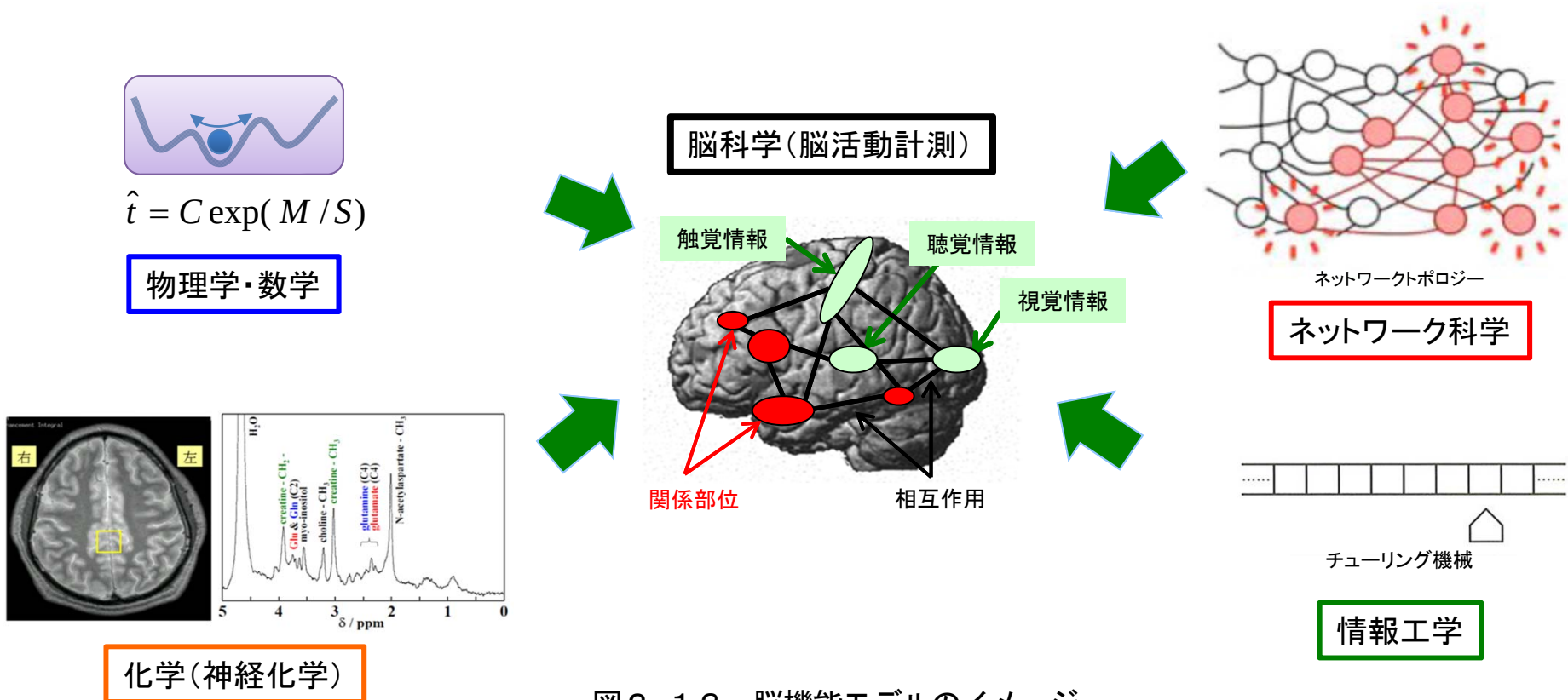


図2.13 脳機能モデルのイメージ

③ 脳活動計測情報の無線伝送技術の規格化

将来のBMIシステムの利用イメージを考えた場合、2. 2で述べたとおり、ネットワーク型であることが望ましく、また、HHSについてもBMIと共通の入出力インタフェースが使用されることが考えられる。そこで、汎用性、機器間の相互接続性、安全性等の観点から、次のような項目に関して規格を定めることが必要である（図2. 1 4 参照）。

(a) 汎用性・相互接続性

- i) 複数の方式、機器に対応可能とするためのデータ伝送方式
- ii) 給電の煩雑さを回避するための非接触による電源供給（いわゆる、「ワイヤレス給電」）方式

(b) 安全性

- iii) 多数の計測機器が無線化された際における相互干渉の軽減
- iv) 脳活動計測情報などのプライバシー情報の保護
- v) 計測機器の人体に対する電波防護



図2. 1 4 BMIにおいて検討が必要な無線伝送規格化

④ 脳活動計測情報の蓄積及びデータマイニング

限られた脳活動計測情報から、正確かつ多様な意味を抽出するためには、以下のような研究開発項目が必要となる。

- (a) 意味理解に関する脳活動計測情報を蓄積し、データマイニングにより意味理解のメカニズムのモデル化の検証や、意味を理解しているかどうかの判定を可能とするための技術確立する。
- (b) 様々な単語の意味的距離（異なる単語間の関係の深さを数値化したもの）に関するアンケート調査結果やそれらの単語を認識したときの脳活動計測情報を蓄積し解析することにより、人間がある単語を認識したときに連想するであろう別の単語を類推する技術確立する（図2.15参照）。

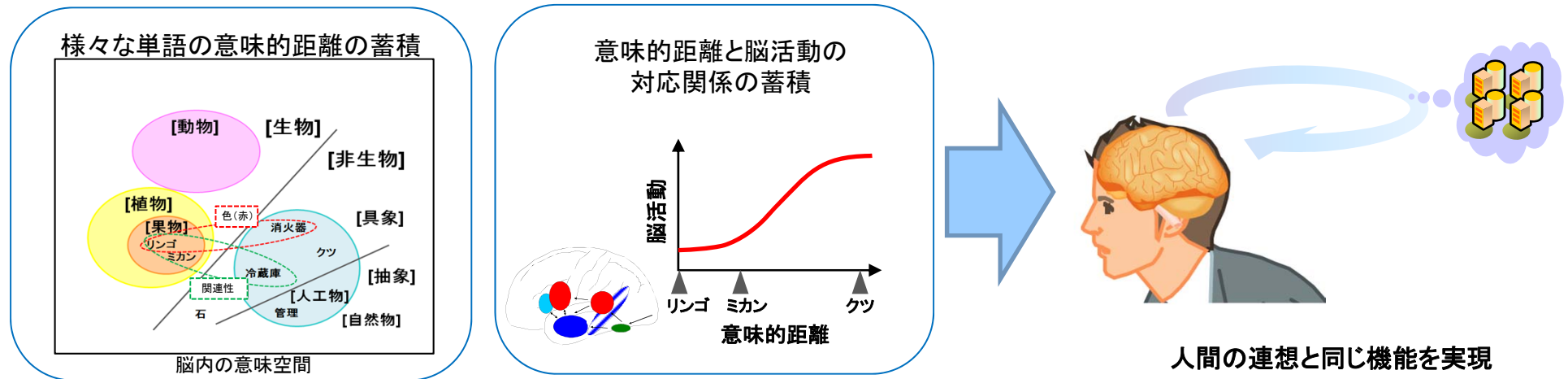


図2.15 データの蓄積と活用イメージ

第3章 研究開発推進方策

3.1 総合的な研究開発推進体制の確立

(1) 他府省との連携強化を含む一体的な研究開発推進体制の確立

第2章で述べた各領域の研究については、すでに脳科学に関する研究開発を実施している他府省、特にBMI分野において、脳科学研究戦略推進プログラム等を実施している文部科学省、長寿・障がい総合研究を実施している厚生労働省との間で、各省間の成果を相互活用することによって相乗効果を生むべく、一層の連携協力を強化するよう研究開発を進めることが必要である。

また、第2章で述べた各領域の研究開発は相互に連携して進められるべきである。例えば、HHSにより解明を目指す「脳内の仕組み」のBFIのネットワーク制御への応用、BFIにおけるネットワーク制御方式の研究成果のBMI、HHSにおける伝送への活用等、相互に成果を活用することで大きな効果が期待できる。このような効果により、例えば、高齢者・障がい者の社会参加の拡大、環境に優しいネットワークへの応用、表現の進化や理解の促進によるコミュニケーションの質の向上等への寄与を通じて、脳の情報処理を活用したICT分野のパラダイムシフトが可能となることが期待される。

このような効果を目指す研究開発の推進に当たっては、民間による実施が困難な基礎・基盤的な研究開発については国または独立行政法人が中心となって、関連する研究活動を実施している大学や産業界との連携を行うことが必要である。

具体的には、総務省の委託研究開発事業の受託者となる各研究機関だけでなく、自ら脳情報通信研究開発を行っている独立行政法人情報通信研究機構（NICT）が研究開発の目標やロードマップ等の全体像を共有し、役割分担を行いつつ成果を相互に活用できる体制を構築することが必要である。このため、各々の研究開発の実施状況や方向性について有識者が適切な助言等を継続的に行う仕組みも含め、国内の脳情報通信研究開発全体を俯瞰できる総合的な研究開発体制の確立を図ることが求められる。

(2) 中長期的な研究開発計画の策定

各分野の研究開発はいずれも長期にわたるため、研究開発期間中に状況変化が生じる可能性もあることから、状況の変化に的確に対応することが必要である。

B F Iについては、平成32年（2020年）に脳内の仕組み等を活用したネットワーク制御技術の実際のネットワークへの導入を、BMIについては、平成32年（2020年）にネットワーク型BMIサービスの実現を目標とした平成23年度予算が認められたところである。このことから、平成23年度（2011年度）からの4年間の委託研究開発を行った後も、民間企業等による実用化開発を経て、目標時期までに実用化ができるよう、適切なPDCAサイクルの下で研究開発から実用化に向けた総合的な対応を進めることが必要である。なお、3月の東日本大震災において、基幹回線の切断やこれによる輻輳等が発生しており、このような大規模な障害が生じた場合でも利用者の通信を維持できる技術の実現への要請が高まっていることから、前倒しを含めてB F Iの研究開発の加速化を図る必要がある。

また、HHSについては、平成23年度（2011年度）から開始されたN I C Tの中期目標期間において、人間の意味理解に関係する脳内プロセスの理解や、BMI、B F I、HHSの高度化に共通して必要となる脳活動情報計測手法の開発等の共通技術の開発を行うこととなっている。このことから、これらの研究開発を着実に実施するためのロードマップを策定し、これを基に適切なPDCAサイクルの下で継続的な研究開発を行っていくことが必要である。

(3) 戦略的研究拠点の構築

脳情報通信研究開発の更なる発展には、2. 4で述べた脳機能モデルの構築と高度化が求められるが、そのためには、脳活動計測について、時間的分解能及び空間的分解能の高性能化が必要である。分解能に優れた大型計測装置としては、時間分解能に優れたMEG、空間分解能に優れた高性能fMRIがあるが、これらの装置を集約し、同時に計測を行うこと等により、時間・空間分解能を同時に向上させることが期待できる。このことから、大型計測装置群が集約され、一体的な計測が実施可能な環境の構築が必要となる。

また、脳情報通信研究開発を行うに当たっては、第2章で述べた各領域の研究人材だけでなく、ICT、脳科学、医学等に加え心理学、認知科学等幅広い分野で複数の専門領域を有する優秀な融合的研究人材の育成や相互触発を生じさせるような環境の整備も必要である。

このため、脳情報通信研究開発の持続的な推進と研究人材の育成・蓄積の相乗効果を得られるよう、計測装置等の研究資源及び広範囲な分野の国内外の産学官の研究人材を集約した戦略的研究拠点の構築を図ることが必要である。

これら(1)～(3)を踏まえた研究開発体制及び2020年頃までの研究開発ロードマップは図3. 1及び図3. 2に示すとおりである。

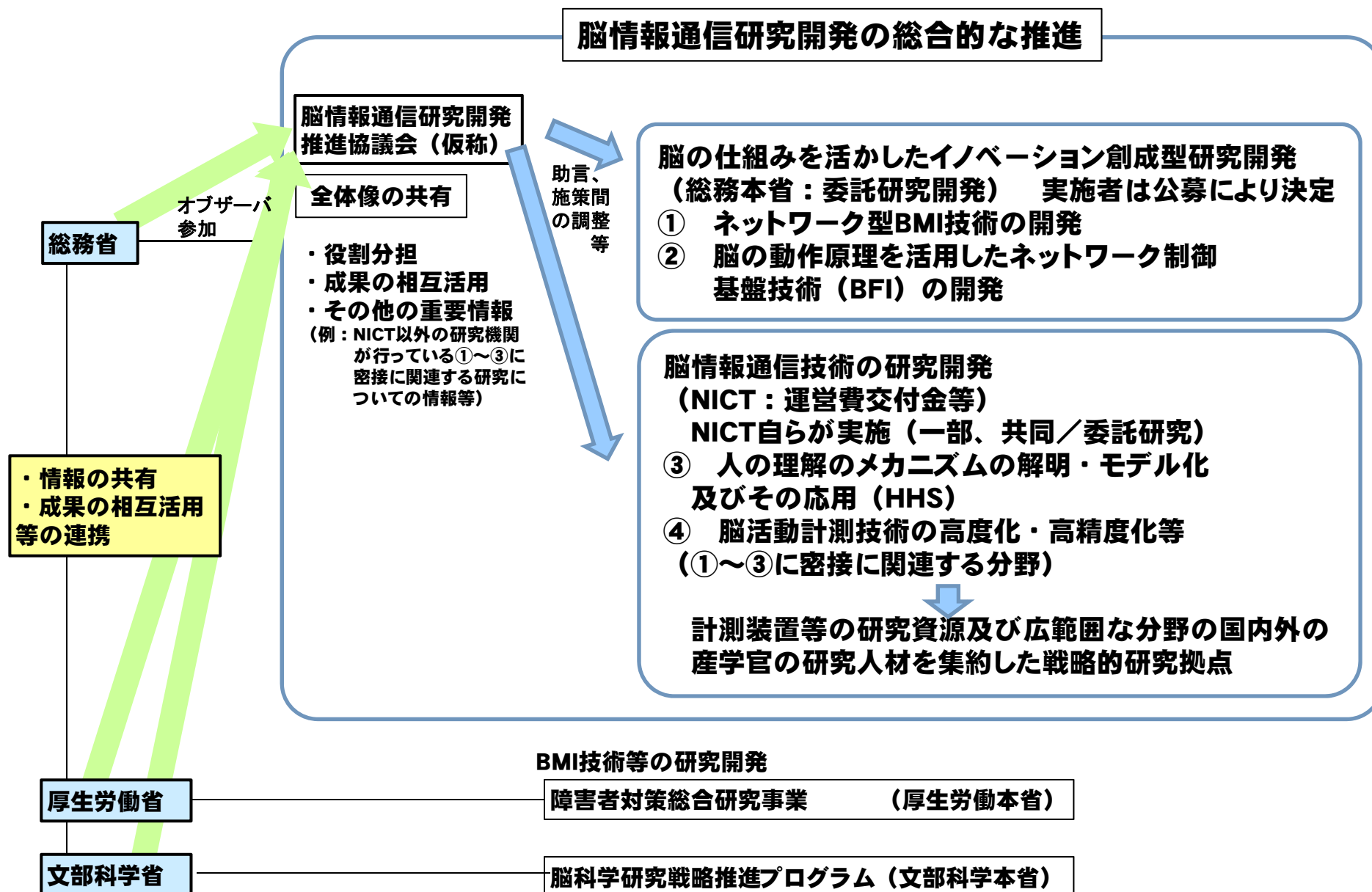


図3. 1 脳情報通信研究開発の推進体制

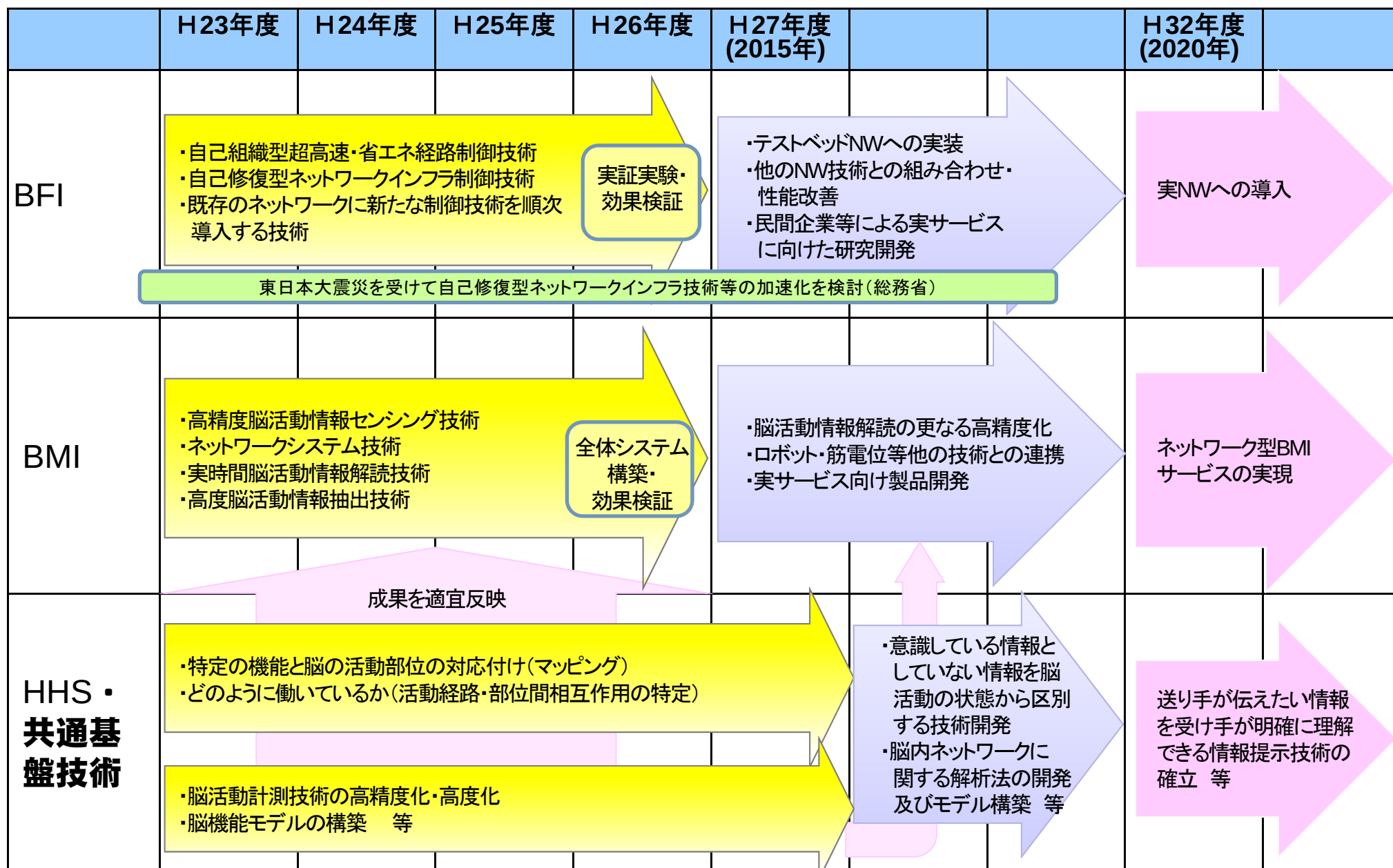


図3. 2 中長期的な研究開発ロードマップ

3.2 研究開発推進に当たっての留意事項

脳情報通信研究を進めるに当たっては、目標の実現に向けた継続的な研究開発を行う必要があるが、その成果をどこでも誰でも使えるようにしつつ、かつ、我が国の国際競争力の向上に寄与するための配慮が必要である。

(1) 知的財産権の適切な確保

脳科学の工学分野への応用に関しては、欧米の他、中国、韓国等のアジア圏においても取り組みが強化されている。現時点では、例えば、BMI、とりわけ非侵襲による脳活動計測技術については、わが国は世界トップレベルであると言える状況だが競争は激化しており、成果の創出に際しては、他者に追従できない技術、ノウハウ等について知的財産権の確保を念頭に研究開発等を推進する必要がある。

また、その際、実用化を念頭に置いた国際的な市場ニーズ調査等を予め行うことで、知的財産権の対象として確保すべき技術等の洗い出しを行うことが望ましい。

(2) 国際標準化の推進

脳情報通信研究の成果は、我が国のみならず世界各国に共通する課題である、高齢者、障がい者の社会参加を容易とすることへの貢献が期待される。したがって、当該成果を国際的に普及・展開する際には、例えば、ネットワーク型BMIの場合、制御の対象となる機器は多種多様なものとなることが想定されることから、世界中のどこでも誰でも使えるよう相互接続性、互換性を確保した伝送・制御方式とすること、また、脳活動計測情報の符号化・復号化は、BMIでもHHSでも利用できることから、共通して利用できるようにすること等が望ましく、積極的なオープン化を意識した検討が望まれる。

また、BMIに関連する機器・技術の規格やBFIにおけるネットワークアーキテクチャについては、国際標準化を推進し、グローバルに使用できるものとなることを目指すことが求められる。

(3) 倫理・安全面への配慮

脳情報通信においては、脳活動計測情報がネットワーク上を流通することから、実用段階のみならず研究開発の段階においてもプライバシーやセキュリティに対する十分な配慮が必要である。それらの配慮を行うための方策については第4章で述べる。

第4章 倫理・安全面に関する検討

4.1 基本的な考え方

2. 2で述べたとおり、BMI等の脳情報通信の適用範囲を、医療・介護分野における特定の場所・利用者による一時的な利用から、生活支援等不特定多数の利用者の日常的利用へと拡大する際には、ネットワークを通じて様々な場所にいる利用者の脳活動情報を遠隔で解読することになる。このとき、人間の精神活動すなわち心のはたらきに深く関わる脳活動情報がネットワーク上を流通することから、情報の取得場所や保管場所のみならず、流通経路となるネットワーク内でも情報漏洩防止等の安全性を確保することが求められる。

このようなプライバシーやセキュリティへの配慮は、実用化段階のみならず研究開発段階でも必要であり、どのような配慮が望ましいかということについては、研究者、サービス提供者のみならず利用者も含めたコンセンサスが求められる。また、今後の脳情報通信研究開発の進展により配慮すべき事項がさらに増加することも想定される。そのため現段階では、脳情報通信の研究開発及び利用において研究者等が扱う脳活動情報を必要最小限にとどめる等の倫理面、第三者に脳活動情報を利用させない等の安全面で配慮すべき項目について、研究開発に関わる者が自らガイドライン等を策定し、公表することが有効と考えられる。

上記のガイドライン等を検討する際には、まず脳情報通信研究開発における倫理・安全面に関する課題を明確にし、次にそれぞれの課題を解決するために求められる具体的な行動等を示すことが必要である。脳情報通信研究開発の領域の中で人間の心に深くかかわる情報を扱いかつ実用段階に近い領域はBMIであるため、現段階では「ネットワーク型BMIシステム」についての研究開発及び利用を想定してガイドライン等のあるべき形を検討することとした。

具体的な項目の検討に際しては、生命倫理や医療・介護分野において既に定められているガイドライン等の内容が参考となると考えられる。例えば、研究開発を行う研究者個人や研究者が所属する研究機関が遵守すべき事項（行動規範）に関しては脳科学・生命倫理分野における既存のガイドライン等が、研究開発に際して使用する機器などについて遵守すべき事項（セキュリティの確保等）に関しては医療・介護分野における情報システムのプライバシーやセキュリティに関する既存のガイドライン等が参考になると考えられる。

ガイドライン等は、当面想定する対象が「ネットワーク型BMIシステム」であるため、当該システムに関わる研究開発の実施者または実施者が所属する学協会等の団体が、被験者・利用者の意見を取り入れながら策定することが望ましいと考えられる。しかしながら、このガイドライン等は脳科学・生命倫理分野とICT分野という異なる分野にまたがったものとなることから、いずれかの分野の研究者だけでガイドライン等に必要な項目を全て抽出することは容易ではないことが想定される。そのため、本懇談会では、研究開発の実施者または実施者が所属する学協会等の団体がガイドライン等を定める際の一助として、ガイドライン等を含めるべき項目について検討を行うこととした。

なお、一般的には、ガイドライン等自体に所与に拘束力があるわけではなく、それらの有効性は作成した団体・法人等における運用方法、団体・法人等の構成員の規範等に帰着するものと考えられる。したがって、脳情報通信研究開発について国民の信頼が得られるよう、脳情報通信に関わる研究者、サービス提供者などが、定められたガイドラインを遵守することが求められる。

また、脳情報通信研究開発はこれから本格的に開始される段階であり倫理・安全面で顕在化する可能性のある課題がすべて明確になっている状態ではないことから、今後研究開発や実証実験の中で認識された新たな課題については、適宜ガイドライン等に対応する項目を追加していくことが必要である。

4.2 倫理・安全面に関する課題と既存ガイドライン等の分析

4.2.1 倫理・安全面に関する課題

「ネットワーク型BMIシステム」は、一般の利用者が日常生活の中でBMIを利用すること、そのため脳活動情報が広域なネットワークを通じて流通することという特徴を有している。また研究開発が進み実用化段階に近づくに従い、脳科学、ICTの研究者やその被験者のみならず、医療・介護関係者、サービス提供者等様々な関係者、その利用者など多様な人々が「ネットワーク型BMIシステム」に関わることになるため、それぞれの視点から、安心して被験者が実験などに協力でき、また利用者が利用するための課題を明確化し、あらかじめ対応方法を定めておくことが求められる。倫理・安全面に関する課題について本懇談会における構成員の意見を集約すると、以下の4点にまとめられる。

① その利用が社会的に受容されること

第2章で述べたとおり、「ネットワーク型BMIシステム」が実現すれば、BMIが医療機関等における治療やリハビリテーションなど特定の場所・用途での利用だけでなく、日常生活における機器の制御や移動、コミュニケーション等の支援での利用も可能になることが期待できる場所である。しかしながら、BMIが脳の活動を読む技術であるという特徴を考えると、「ネットワーク型BMIシステム」が被験者や利用者を受け入れられるためには、例えば新薬の承認プロセスにおける治験のように、予め当該システムの利用に同意した少数の被験者や利用者による検証試験を行い、問題がない旨の客観的な判定を得ておくことが求められる。さらに、当該システムが広く社会で利用される段階に至るためにはその利用方法や目的についても社会的に理解されるものとなっていることが求められる。

② 被験者・利用者の安全・安心が脅かされないこと

BMIを利用する際には、脳活動情報の誤読、制御する情報が機械に伝達されない等、正常でない状態が発生した場合であっても被験者・利用者に危険を及ぼすことがあってはならない。また、実験において被験者が自分の意思を軽んじられていると感じたり、被験者・利用者の個人情報流出するようなことがあってはならない。すなわち、被験者・利用者の安全・安心が脅かされないことが求められる。

③ システムへの不法侵入や脳活動情報などの不正利用がされないこと

「ネットワーク型BMIシステム」は無線ネットワークを含む広域なネットワークを利用するシステムとなるため、第3者のシステム侵入やそれによる脳活動情報などの不正利用、盗聴、改ざん等を防止することが必要である。すなわち、情報セキュリティを十分に確保し、システムへの不法侵入や脳活動情報などの不正利用がされないことが求められる。

④ 研究者及び関係者の倫理・安全に関する知識や理解が十分であること

脳情報通信は脳活動情報という人間の精神活動の源泉に関わる情報を扱うことから、研究者及び様々な関係者は倫理・安全面に関する意識を考えられる限り高く維持し続ける必要がある。しかしながら、脳情報通信分野には、ICT、脳科学をはじめとする幅広い領域の専門家が関与するため、倫理・安全面に対する認識が専門領域間で異なることがあり得る。そのため、脳情報通信に関わる研究者・関係者があらかじめ倫理・安全面に関する知識や理解を十分に共有していることが求められる。

4.2.2 既存のガイドライン等の分析

4.2.1で検討したそれぞれの課題への対処に関して、相当する記載がある既存のガイドライン等を分析し、それぞれの課題と既存のガイドライン等の関係をまとめると図4.1のようになる。この図に示すとおり、倫理・安全面に関する課題に対して、極めて一般的な課題である「利用者に危険を及ぼさない」という点を除き、多少表現の違いはあるものの既存のガイドライン等の中に相当する項目があることが既存のガイドライン等の分析により明らかになった。このため、これら既存のガイドライン等を参照しつつ、脳情報通信分野のガイドラインとして適切なものとなるよう適宜修正することにより、脳情報通信についてのガイドライン等に定めることが望ましい項目を抽出できるものと考えられる。

倫理・安全面に 関する課題	参照可能な既存ガイドライン等	既存のガイドライン等における記載概要
① その利用が社会的 に受容されること	・ BMI 倫理 4 原則の提案 (川人光男、佐倉統)	(技術の利用目的、適用範囲に関する記載) ・ BMI の利用に関する原則
② 被験者・利用者の 安全・安心が脅か されないこと	・ 「ヒト脳機能の非侵襲研究」の倫理問題等に関する指針 (日本神経科学学会) ・ 臨床研究における倫理指針 (厚生労働省) ・ ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針 (文部科学省、厚生労働省、経済産業省) ・ 医療・介護関係事業者における個人情報取扱いのためのガイドライン (厚生労働省) ・ 医療情報システムの安全管理に関するガイドライン (厚生労働省) ・ ASP・SaaSにおける情報セキュリティ対策ガイドライン (総務省) ・ 日本心理学会倫理規定 (日本心理学会)	(権利の保護や人権の尊重に関する記載) ・ インフォームドコンセント ・ 偶発的所見への対応 ・ 個人情報保護に関する関係者の義務 ・ データベースの作成・利用 (情報の電子的保存) に関する安全管理
③ システムへの不法 侵入や脳活動情報 などの不正利用が されないこと	・ 医療情報システムの安全管理に関するガイドライン (厚生労働省) ・ ASP・SaaSにおける情報セキュリティ対策ガイドライン (総務省)	(システムセキュリティに関する記載) ・ 基本的な安全管理 ・ ネットワークを利用して情報を送受信をする場合の安全管理
④ 研究者及び関係者 の倫理・安全に 関する知識・理解 が十分であること	・ 「ヒト脳機能の非侵襲研究」の倫理問題等に関する指針 (日本神経科学学会) ・ 臨床研究における倫理指針 (厚生労働省) ・ ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針 (文部科学省、厚生労働省、経済産業省) ・ 日本心理学会倫理規定 (日本心理学会)	(研究者及び研究機関、関連学協会の責務等に関する記載) ・ 研究計画の客観的審査 ・ 研究者の責務 ・ 医療・介護の現場で研究開発を実施する場合の留意事項 ・ 各種マスメディア、学会発表、学会誌投稿の場合の留意事項

図 4. 1 顕在化する可能性のある課題と既存ガイドライン等の関係

4.3 ガイドライン等に定めることが望ましい項目

4.2における分析に基づき、脳情報通信における倫理・安全に関するガイドライン等に現時点で定めることが望ましい項目を整理した結果を以下に示す。

なお、参照したガイドラインや構成員の指摘事項等については参考資料を参照いただきたい。

4.3.1 技術の利用目的・適用範囲

① BMIの利用に関する原則

「ネットワーク型BMIシステム」が社会で有益に利用されるためには、当該システムが社会的に受容されることが求められるとともに利用者の意図に反する目的で利用されないような配慮が必要である。そのため、脳活動計測情報の活用に当たってはどのような使われ方がされるべきかなどに関して、BMIの利用に関する原則を記載することが望ましい。

4.3.2 権利の保護や人権の尊重

① インフォームドコンセント

研究の場や医療・介護の現場における実証や実用において、被験者・利用者の人権や尊厳の尊重のため、例えばどのような情報を何の目的で測定するのか、その結果どのような影響を脳に与える可能性があるのか等について、研究に先立って被験者・利用者に十分な情報が提供され、自由な意思に基づき被験者・利用者となることへの同意がされることが必要であるため、インフォームドコンセントについて記載することが望ましい。

② 偶発的所見への対応

実験や研究において脳の画像を撮影したときに、まれに腫瘍等の所見が見つかることがある。このような偶発的所見を放置して被験者の治療・救命の機会を放棄することに対して、人道的な問題、責任を問われる可能性がある等の指摘があるため、偶発的所見への対応について記載することが望ましい。ガイドライン等の検討にあたっては、日本神経科学学会の指針や先行して検討されている他省主管の脳研究プロジェクトの検討状況に留意する必要がある。

③ 個人情報保護に関する関係者の義務

BMIの研究開発、実証、実用の各段階において、外部の第3者に対し被験者・利用者を特定されない、脳活動

計測情報や要介護認定情報など個人に関わる情報と本人を結びつけられない等への配慮が求められるため、個人情報保護に関して研究者、サービス提供者などの関係者が果たすべき義務について記載されることが望ましい。

④ 情報の保存・利用に関する安全管理

「ネットワーク型BMIシステム」が脳活動情報を正しく解読するためには、必要とするデータ及びデータベースが正確なものであることが必要である。また、脳活動状況を示す画像などにより脳の疾病や個人の特徴が判別できるなど、脳活動情報から個人のプライバシーに関わる情報を得ることが可能な場合がある。そのため、データ及びデータベースの取り扱いに関し、データの正確性を維持するための規定やデータの匿名性に関する考え方などを明らかにしておくことが利用者の安心につながると考えられるため、データベースの作成・利用に関する安全管理について記載することが望ましい。

4.3.3 システムセキュリティ

「ネットワーク型BMIシステム」の情報セキュリティについては、下記の項目について情報セキュリティに関する国際標準規格等を参照して、内容を定めることが望ましい。

① 基本的な安全管理

ICTシステムでもある「ネットワーク型BMIシステム」においては、例えば、不正アクセスやウィルスの侵入などの防止が必要である。また、複数の利用者が同時にシステムを利用する状況では、利用者の識別・認証方法やアクセス権限等について定めることが必要となることも考えられる。そのため、これらの基本的なシステム安全管理について記載されることが望ましい。

② ネットワークを利用して情報の送受信をする場合の安全管理

「ネットワーク型BMIシステム」は、様々なネットワークを介して計測、処理、分析、制御等が分散して実行される。このため、関係者が多数存在したり、通信事業者などBMIとは直接関係ない者の関与も想定されることから、これらの責任分界が複雑になる可能性がある。また、「なりすまし」、「盗聴」、「改ざん」などネットワーク化に伴いリスクが増え、利用者側のセキュリティ意識も様々である。そのため、これらを前提に、ネットワークを利用して情報の送受信をする場合の安全管理について記載することが望ましい。

なお、総務省では、情報通信ネットワークにおける安全・信頼性対策全般にわたり、基本的かつ総括的な指標となる「情報通信ネットワーク安全・信頼性基準」（昭和62年郵政省告示第73号）を制定している。

4.3.4 研究者及び研究機関、関連学協会の責務等

① 研究計画の客観的審査

脳情報通信に関する研究計画を策定する段階において、その研究の内容及び方法が、被験者の視点からも倫理・安全面に適正に配慮して計画されたものとなっていることが必要である。そのためには、研究開発に直接関わる者だけでなく、倫理・安全にかかる評価の専門性を有する者の参画を得て、客観的に審査し承認するという透明性を持ったプロセスが有効であると考えられる。このため、各研究機関による倫理審査委員会の設置、研究計画の客観的審査方法の公表など、研究計画の客観的審査について記載することが望ましい。

② 研究者の責務

脳情報通信研究開発及びその成果が社会に受容されるためには、全ての脳情報通信の研究者が倫理・安全面に責任をもって研究開発を進めていることが関係者以外にも理解されることが必要である。そのためには、例えば、全ての研究者の基本的責務、研究責任者の責務、研究機関の長の責務などに区分し、それぞれの研究者が満たすべき要件や、目的外の研究開発の抑止、研究計画の作成・承認、被験者等外部との対応、個人情報保護や安全管理等への組織的な対応責任等について検討すること等が有効と考えられる。そのため、これらの研究者の責務について記載することが望ましい。

③ 医療・介護の現場で研究開発等を実施する場合の留意事項

研究開発過程において実際の医療・介護等の現場で要介護者等を被験者とする場合、その被験者の特性や生活環境など、被験者にまつわる様々な条件・状況を尊重する必要がある。また、病院や介護施設など実利用を想定した環境における研究開発や実証実験は将来の利用者等が研究開発に触れる機会ともなり得るため、例えば「『ネットワーク型BMIシステム』が利用者の意思によらず外部から利用者の行動を制御する」などの、研究開発に対する誤った認識やイメージを与えることがないよう配慮することも必要である。そのため、医療・介護の現場で研究開発を行う場合の留意事項について記載することが望ましい。

④ 研究開発成果の外部発信に際しての留意事項

マスメディアや学会における発表等においては、被験者等の関係者のプライバシーの保護や表現方法に注意を払う等の配慮が当然求められる。このような外部発信は、社会的啓発の機会、倫理等他分野の研究者等との連携の契機にもなり得る一方で、先端的な研究分野であるために、例えば「夢を解読できる」などの、研究開発成果への過度の期待や誤解を招きやすい表現が広まる原因ともなり得る。そのため、個人の特定につながりかねない情報の取り扱いのみならず、専門家以外の人々が誤解をしないようわかりやすく丁寧な説明を行うなど、留意すべき点についてあらかじめ定めておくことが望ましい。

(参考事例)

2008年、神谷之康博士（国際電気通信基礎技術研究所）らによるヒトの視覚イメージの再現成功の論文が学術誌に掲載された際、「将来的には夢を映像化できる可能性」、「夢や空想の取り出しにつながる日も遠くはない」などの新聞記事が掲載され、さらにその記事から「いつの間にか自分の思考が読み取られるようになったらどうでしょう?」、「夢が分かるなら『人の心を読むマシン』が出てきそうな気が」などのコメントがウェブ上で掲示されるなどの事例があったことが、本懇談会第2回会合で紹介されている。

4.3.5 その他

① 利用者の安全の確保

利用者が介護を要する人で、例えばその人が乗っている車いすを「ネットワークBMIシステム」で制御する場合、その車いすが利用者の意図に反して動くなどした場合、身体への危険が生じる可能性がある。このような危険の防止に関しては、システムセキュリティや生命倫理などにおける既存ガイドライン等において明確な規定がされていない例が多いが、日常生活における実利用の際に利用者に想定される危険への対応についても記載されていることが、利用者にやさしいシステムにつながると考えられる。

例えば、脳活動計測装置の故障等により脳活動の推定ができないことなどにより、利用者が搭乗する車いすが進みたい方向と別の方向へ動いたり車道へ飛び出すなど、「ネットワーク型BMIシステム」の利用において生じる危険な状況を想定し、そのような危険を防止するための対策についてあらかじめ定めておくことが安全なシステムの構築につながるため、利用者の安全の確保について記載することが望ましい。

(参考) 参照した既存のガイドライン及び構成員の指摘事項等

分類	項目	記述方針	参照したガイドライン等	備考(想定される状況、懇談会における指摘事項等)
技術の利用目的・適用範囲	BMIの利用に関する原則	意図しない利用目的を禁止する。 ・反社会的な利用の禁止 ・本人の意思に反する利用の禁止 等	BMI倫理4原則	・ネットワークBMIが、犯罪、マインドコントロール等、想定外の目的に利用されてはならない。 ・BMIの機能は、一般的に病気の方が正常な機能を回復するための治療(トリートメント)と、正常の能力を持つ人の能力増進(エンハンスメント)に大別される。すでにエンハンスメントの実例(薬、自動車、コンピューター、筋トレ等)があり、社会的要求があり健康に害がない場合、一概に規制することは困難である。またエンハンスメントが治療かという線引きを事前に詳細に決めることも困難である。
権利の保護 や人権の 尊重	インフォームド コンセント	利用者の自由意思を尊重した十分な事前説明の方法を提示する。 ・説明事項、手続き ・自由意思の尊重への配慮 ・代諾が可能な場合の手続き ・撤回される場合の手続き ・他機関からデータ等の提供を受ける場合の手続き 等	「ヒト脳機能の非侵襲研究」の倫理問題等に関する指針、臨床研究における倫理指針、ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	・研究開発段階において被験者等が事前に理解すべき内容や被験者となることへの同意の手順が、研究機関ごとに異なる場合が想定される。
	偶発的所見への対応	偶発的所見により生じるリスクへの対処方針を提示する。 (「脳科学研究戦略推進プログラム」における検討状況等を参照する)	「ヒト脳機能の非侵襲研究」の倫理問題等に関する指針	・MRI測定を用いた研究における偶発的所見の発生があり、対応によっては責任を問われる可能性が想定される。
	個人情報保護に関する関係者の義務	個人情報保護に十分な配慮がされるため関係者の義務を明確化する。 ・利用目的の特定 ・安全管理措置 ・個人データの取り扱いを外部へ委託(または第三者に提供)する場合の監督 ・保有する個人データの公表や開示 等 (「個人情報の保護に関する法律」に関する諸規定を踏まえる)	医療・介護関係事業者における個人情報の適切な取扱いのためのガイドライン	・個人情報、プライバシー情報の漏洩、外部からの個人の特定されるなどのリスクがあり、個人情報保護への配慮が必要である。
	情報の保存・利用に関する安全管理	システムで扱うデータに関する主なリスクへの対処方針を明確化する。 ・データの適切な入手とインフォームドコンセント ・データの正確性の確保 ・データの匿名性に関する考え方 ・第三者へデータ提供する場合、及びデータを外部に委託する場合の義務(利用制限、保管、廃棄等に関する相手先及びデータ提供者との同意等) ・データ提供者のデータの開示、利用停止の要求への対応 等	日本心理学会倫理規程、医療情報システムの安全管理に関するガイドライン、ASP・SaaSにおける情報セキュリティ対策ガイドライン	・特に研究機関が情報の取り扱いを委託する場合は、データ及びデータベースが委託先等でも適正に扱われるように、明確なルールが必要と想定される。

分類	項目	記述方針	参照したガイドライン等	備考(想定される状況、懇談会における指摘事項等)
システムセキュリティ	基本的な安全管理	システムの安全管理において必須となる基本的要件を明確化する。 ・組織的安全対策 安全管理についての従業者の責任と権限、安全管理に関する規程や手順書の整備、実施状況の日常的な自己点検の実施 等 ・物理的安全対策 入退室管理、施錠ルール、盗難・紛失防止措置 等 ・技術的安全対策 利用者の識別・認証、情報へのアクセス権限、アクセスログ、不正ソフトウェア対策、不正アクセスからの保護対策 等 ・人的安全対策 守秘義務、違反時の罰則規定、教育・訓練 等 ・非常時の対応 非正常状態や異常動作、停止を想定した対策 等	医療情報システムの安全管理に関するガイドライン、ASP・SaaSにおける情報セキュリティ対策ガイドライン	・不正アクセス(第三者によるネットワークBMIの不適切な使用)、不正ソフトウェアの侵入などのリスクがある。また複数利用者が同時利用する場合、利用者の取り違いや混乱が生じないように配慮が必要である。
	ネットワークを利用して外部と情報の送受信をする場合の安全管理	ネットワーク化される場合の主なリスクへの対処方針を明確化する。 ・「盗聴」「改ざん」「なりすまし」への対策 ・想定される全てのネットワーク接続形態の明確化 ・各ケースにおけるセキュリティの責任分界点の明確化 ・利用者等への対応(セキュリティ上の危険性の説明等) 等	医療情報システムの安全管理に関するガイドライン、ASP・SaaSにおける情報セキュリティ対策ガイドライン	・送信元、送信先の偽装(なりすまし)、送受信データへの盗聴、改ざん、通信経路への侵入、妨害など、ネットワーク利用に特有の様々なリスクが想定される。
研究者及び研究機関、関連学協会 の責務等	研究計画の客観的審査	研究計画案の倫理面について審査・承認のプロセスを提示する。 ・倫理審査委員会における審査 ・委員会の構成員、審査の観点、手続き、透明性担保 等	「ヒト脳機能の非侵襲研究」の倫理問題等に関する指針、臨床研究における倫理指針、ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	・研究計画を倫理面からチェックする仕組みが必要である。
	研究者の責務	それぞれの研究者の責務を明確化する。 ・全ての研究者の基本的責務 研究目的、人権の保障の優先、インフォームドコンセント、守秘、研究計画の承認、研究の透明性、不正な情報取得等の禁止 ・研究責任者の責務 被験者に予想される様々な危険を踏まえた被験者の安全性の十分な確保のための研究方法の考慮、研究計画の遵守、研究データの匿名化 ・研究機関の長の責務 監督責任、周知徹底責任、個人情報管理者の設置、安全管理措置義務、倫理審査委員会の設置、被験者への義務(開示要求への対応等)、有害事象への対応(措置)責任 ・海外との共同研究における研究者の責務 相手国においても人間の尊厳及び人権の尊重がされていることに留意する。原則として本指針に従って研究を行う。	臨床研究における倫理指針、ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	・研究開発に当たっては、研究者、研究責任者、研究機関の長、それぞれの責務の分担があいまいになる可能性や倫理・安全に関して研究者個人の判断がされる可能性がある。 ・海外との共同研究においては、当該国の倫理・安全に関するルールも尊重する必要がある場合がある。

分類	項目	記述方針	参照したガイドライン等	備考(想定される状況、懇談会における指摘事項等)
研究者及び研究機関、関連学協会の責務等	医療・介護の現場で研究開発等を実施する場合の留意事項	実証段階において様々な関係者に配慮すべき事項を明確化する。 ・障がい者(支援対象者)の特性や生活環境の場の特徴を考慮 ・対象者の家族や身近な集団への配慮 ・関係者からの質問・問い合わせへの公正な回答 ・支援が必要な場合は研究に優先して支援環境を整えること ・他の専門家から適切に助言を得ること 等	日本心理学会倫理規程	・医療・介護の現場で、BMI研究開発(実証等)がされる可能性があり、実験室環境とは異なる状況や様々な意見をもつ関係者の存在が想定される。
	研究開発成果の外部発信に際しての留意事項	社会的啓発に結びつくために配慮すべき事項を明確化する。 ・被験者等への十分な事前説明及びインフォームドコンセント ・倫理審査委員会で審査されていることの明示 ・本人が同意されないことへの配慮 ・表現への配慮 ・誤った情報や偏った情報の提供、過剰な一般化の排除 ・事実に基づく知見と推論を含む意見の違いを聞き手が明確に理解できるような注意深い説明 ・公表後の確認(異なる意図で用いられていないか) ・非専門家に対するアウトリーチ(社会的価値、リスク等を脳科学や対象となる病気に関する知識のない一般人が理解できるように表現する等の配慮) 等	「ヒト脳機能の非侵襲研究」の倫理問題等に関する指針、臨床研究における倫理指針、日本心理学会倫理規程	・司法の場や各種メディア、学会発表、学会誌投稿が社会的啓発の機会となること。逆に場合によっては誤った解釈や不適切な表現が広まる原因ともなりうる。 ・安全・安心であるという事をうまく社会に伝えていくこと、技術の実態を正確にわかっていける、無用の不安を起こさないと言ったことが、社会に受容される為に重要な部分であり、一般の方や企業等に対し十分な伝達ができる、学术界と産業界が融合した「場」の設定が重要である。
その他	利用者の安全の確保	利用者に起こりうる危険を未然に防ぐため基本的な方針を明確化する。 ・フェールセーフ対策(利用者に危険が生じる場合の想定及びその対策の考え方) 等		・利用者の意図と異なる推定結果が出た場合、脳活動データの劣化等により推定ができない場合等がリスクとして想定される。 ・脳の中で考えた事で動く機械で事故が起こったときに、機械の誤認識か、人間の判断間違いか、区別できない領域が生じる。例えば、最近の情報家電は、ネットワークから制御可能であるが、電子レンジやIHの自動的な電源ONは出来ない。即ち、安全に関する部分は必ず人間がやる仕様にすることで安全性を担保する。BMI等による機械の制御の範囲を検討する際、このような事例も参考になる。 ・また海外に展開することも考慮し、諸外国のカルチャーも考えて実用化を妨げるものにならないように留意する必要がある。

(参考) 既存のガイドライン等

「BMI 倫理 4 原則の提案」(平成 22 年 川人光男、佐倉統)

「『ヒト脳機能の非侵襲研究』の倫理問題等に関する指針」(平成 21 年 日本神経科学学会)

「医療・介護関係事業者における個人情報の適切な取扱いのためのガイドライン」(平成 16 年 厚生労働省)

「臨床研究に関する倫理指針」(平成 20 年 厚生労働省)

「ヒトゲノム・遺伝子解析に関する倫理指針」(平成 16 年 文部科学省、厚生労働省、経済産業省)

「日本心理学会倫理規程」(平成 21 年 日本心理学会)

「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン」(平成 22 年 厚生労働省)

「ASP・SaaSにおける情報セキュリティ対策ガイドライン」(平成 20 年 総務省)

(諸外国における関連のガイドライン)

全米神経科学会 (SfN) 倫理規定

全米国立衛生研究所 (NIH) 倫理規定

カナダ衛生研究所 (Canadian Institutes of Health Research; CIHR) 倫理規定 等