



# グランドチャレンジ:

ネットワーク および 情報技術研  
究開発を必要とする 科学・工学  
および社会的進歩

情報技術研究開発に関する  
省庁間ワーキンググループ

この GRAND CHALLENGES の日本語訳は、the National Coordination Office for Information Technology Research and Development (NCO/IT R&D)により作成された資料を、NCO の許諾を得た上で、産業技術総合研究所 技術情報部門(AIST/TID)が日本情報処理開発協会先端技術調査・普及グループ (JIPDEC/AITRG)の協力のもと、翻訳したものです。

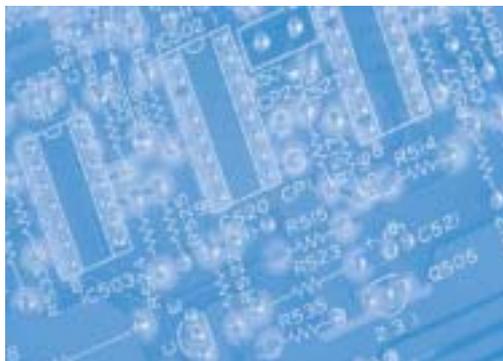
2003年11月



# 目次

報告書概要	2
1. はじめに	4
1.1 HPCC(高性能コンピュータ及び通信技術)グランドチャレンジの改定版の作成	4
1.2 なぜ新しいグランド・チャレンジが必要なのか?	4
2. 典型的 NITRD グランド・チャレンジの組織化のための基準とテンプレート	5
2.1 表題	5
2.2 数十年に渡るグランド・チャレンジの記録	5
2.3 今後の 10 年間における焦点	5
2.4 利益	5
2.5 国家の優先事項との関係	5
2.6 IT の難問分野と IT の難問との関係	6
2.7 進歩のしるし	6
3. NITRD 計画におけるグランド・チャレンジの典型例とその将来	7
表 1. 典型的グランド・チャレンジと国家優先事項の関係	8
表 2. 典型的グランド・チャレンジと IT の難問分野との関係	9
4. NITRD 計画におけるグランド・チャレンジの典型例とその詳細説明	
4.1 科学およびエンジニアリングのための知的環境	12
4.2 燃焼改良によるクリーンエネルギー生産	14
4.3 高信頼インフラストラクチャー制御システム	16
4.4 患者の安全と健康の質の改善	18
4.5 長期的地域別気候変動のための周知徹底された戦略的計画	20
4.6 ナノスケール科学およびテクノロジー: 原子と分子との振る舞いのアンサンブル探求とその利用	22
4.7 汚染物質の経路および健康への影響の予測	24
4.8 自然或いは人工的脅威に対するリアルタイムな検出、評価そして対応	26
4.9 より高い安全性、信頼性、効率、およびより高い輸送力を持つ マルチモーダル輸送システム	28
4.10 万人のデジタル社会への普遍的参画によって生じる予測される帰結	30
4.11 協調的知能: 人間とインテリジェントテクノロジーとの融合	32
4.12 よく精通している情報から洞察を生み出す	34
4.13 ダイナミックな環境における知識集約型組織の管理	36
4.14 自然言語の短期間での習熟	38
4.15 シムユニバース(SimUniverse): 探求による学習	40
4.16 全ての人にとっての仮想生涯教師	41
付録 1: IT 難問分野により分類された典型的 IT 難問のカテゴリー	44
付録 2: HPCC プログラムのグランド・チャレンジ	46
付録 3: NITRD グランド・チャレンジの著者	48
付録 4: NITRD グランド・チャレンジ特別委員会連絡先	49
付録 5: 頭字語(略号)と用語集	54
謝辞	56

## 報告書概要



「グランド・チャレンジとは、長期的な科学、工学、また社会的な進歩を目指すものであり、その実現には情報技術研究開発(ITR&D)の革新的ブレークスルーを必要とする。また、グランド・チャレンジは、わが国が取り組む優先事項を示す助けともなるものである。」

—2003年NITRD計画グランド・チャレンジの定義

この定義は、単なる知的好奇心をはるかに超えた問題を解決しようという挑戦への人類の決意を特徴としている。社会的、経済的、そして政治的発展のために未踏分野を開拓しようとするのは人間の本質であり、情報技術はその未踏分野開拓のための重要な要素である。

アメリカ政府はこのような役割を認識し、我々の社会の、社会的および経済的なさらなる進歩を目指し、情報技術研究開発(IT R&D)へ適切な投資を行えるよう重要な政策決定を行っている。2003年7月、この政策決定を伝えるために、ネットワーク情報処理研究開発(NITRD)計画に参加している指導的なプログラム・マネージャのグループは、彼らの担当分野において、16の典型的な、科学、工学、そして社会的なグランド・チャレンジの課題を決定した。これらのグランド・チャレンジの課題に取り組むには、IT R&Dにおける革新的技術開発が必要である。

この新しいNITRDの典型的なグランド・チャレンジの課題は、現在の、そして次世代のNITRD、およびその応用研究者を刺激する意図をもって構成された。グランド・チャレンジとみなされる課題は何千とまでいかになくとも何百にも昇るため、それらは決定的でも網羅的でもなく、典型的なものが選ばれている。

典型的なNITRDグランド・チャレンジは、象徴的に見ると、旅であると同時に目的地でもあるように選択されている。十年以上は続くと思われるこの旅は、現在の人類の理解と能力を遥かに超えた目的地を目指しているのである。これらのチャレンジについて語ることで、我々はなぜIT R&Dが社会にとって重要なのかを説明し、なぜIT R&Dへの公的投資が必要かつ望ましいかを正当化し、最後にIT上の難問を解決するためNITRD諸機関とIT R&Dの研究集団を元気づけることを意図している。急速に進化するというのが情報技術の本質であるとすれば、今日のグランド・チャレンジへの解答は、明日のグランド・チャレンジへの燃料となるであろう。

NITRD計画の典型的なグランド・チャレンジは以下のとおりである：

*科学およびエンジニアリングのための知的環境*

*燃焼の改良によるクリーンエネルギーの生産*

*高い信頼性をもつインフラストラクチャーを制御するシステム*

*患者の安全と健康の質の改善*

*長期間に渡る地域的気候変動に対する知識を利用した戦略的計画立案*

ナノスケールの科学および技術：原子と分子の  
協調した相互作用の探求とその利用

汚染物質の経路および健康への影響の予測

自然或いは人工的脅威に対する

リアルタイムな検出、評価そして対応

安全性、安定性、効率性が高く、輸送力にも優  
れた多様(マルチモーダル)な輸送システム

万人のデジタル社会への普遍的参画の

予測される帰結

協調的知能：

知的な技術による人知の集結

よく精通している知識から洞察を生み出す

ダイナミックな環境における

知識集約型組織の管理

自然言語の短期間における習熟

SimUniverse：探求による学習

全ての人にとっての仮想生涯教師

この冊子は16の典型的NITRDグランド・チャレンジ(以下グランド・チャレンジと記す)と、それぞれの細かな内容を説明するものである。また、教育、環境問題、健康、自然科学、セキュリティ、そして輸送を含む、様々な分野やその分野を構成する下位分野の広い範囲における特徴を含んでいる。それぞれのグランド・チャレンジにたいしては、概要説明、当該チャレンジを構成し、今後の10年間に集中すべき要素的チャレンジ、それらと国家優先事項との関係、期待される利益、当該グランド・チャレンジの目的達成のために解決が必要なIT上の難問、そして、中間時点において研究の進歩を評価する指標が決められてい

る。グランド・チャレンジはNITRD諸機関の任務と対応して並べられ示されている。そして、広範な社会的目標との対応もあわせて示されている。

グランド・チャレンジの基礎構造となっている重要な柱は、**国家優先事項とIT上の難問**である。

- グランド・チャレンジと国家優先事項との関係を述べることで、グランド・チャレンジの重要性が、わが国の最高の願望と結びついていることが示される。
- グランド・チャレンジがその解を必要とするIT上の難問は、グランド・チャレンジを情報技術研究開発およびNITRD計画の中核的要素と結びつけている。

この二組の関係については8ページ、9ページの図で紹介されている。

第一章はこれらのグランド・チャレンジがどのように、またなぜ作りあげられたのかについて述べる。第二章はグランド・チャレンジを説明するために使用されるテンプレートを説明する。第三章はグランド・チャレンジの未来を検討し、第四章ではグランド・チャレンジを詳細にわたって説明する。

## 1. はじめに

2002年11月、大統領行政府、国家科学技術会議(NSTC)の情報技術研究開発に関する省庁間連携ワーキンググループ(IWG/IT R&D)は、グランド・チャレンジ特別委員会(Task Force)を設立した。このIWG/IT R&Dは、複数省庁により実施されているネットワークと情報技術研究開発(NITRD)計画の実践的な調整を行っている政府専門家の中のリーダー集団から構成されている。このIWG/IT R&Dは、グランドチャレンジTask Forceに対して、IT R&Dにおける革新に必要となるであろう、一組の科学、工学、社会学上の挑戦を抽出するよう命じた。Task Forceは、10のNITRD参加機関から志願してきた専門家より構成されている。NITRD参加機関とは、以下の機関である。— AHRQ, DARPA, DOE/SC, EPA, NIH, NIST, NOAA, NSA, NSF, ODDR&E— このほかに、FAA, OSTP, NCO/IT R&D(これらの頭字語は付録4に記載)。

### 1.1 HPCCに向けたグランドチャレンジの更新のための変更

NITRDに向けた一組のグランド・チャレンジを構成するための仕事は、具体的には、HPCC計画を正式に成立させた1991年の高性能コンピューティング法(HPC)(P.L. 102-192)で要請されたグランドチャレンジのリストを更新するものであった。HPCC計画を通して、アメリカ政府は、参加機関が必要とする目的やより大規模な国家目標に適合するように、高性能コンピュータシステム及び先進的ネットワークテクノロジーの開発・利用に対する投資を調整した。法令は以下のような目標を含むものであった。:

- Teraops(数兆回/秒の演算)コンピュータシステムの開発

- ギガビット(数十億ビット/秒)ネットワークの開発
- 先進的アルゴリズムとソフトウェアの開発
- HPCC技術を使った「グランド・チャレンジ」の諸問題の革新的解決法の実証

### 1.2 新しいグランド・チャレンジが必要な理由

HPCCプログラムに参加した7機関は、32のグランド・チャレンジを取り上げた。(付録2で紹介)。1996年のHPCC計画の公式な終了時期までに、HPCC計画は、そのプログラム上の、そしてグランド・チャレンジの両方の目標を達成していた(Blue Bookとして知られるHPCCプログラムの議会向け1996年度年次報告書<http://www.nitrd.gov/pubs/blue96/>を参照のこと)。

NITRD計画はHPCC計画を継承した。その研究開発の範囲はハイエンドコンピューティングや高速ネットワークだけでなく、情報技術研究開発の全ての領域を含むところまで拡大した。この拡大によって、参加機関はHPCCプログラムとそのグランド・チャレンジに比べ、より幅広い範囲の情報技術とITアプリケーションへの挑戦に取り組むことができるようになった。

ITの発展が既存の応用を強化し、新しい応用が従来のものよりも、科学、工学および社会にさらに大きな影響を及ぼしうようになることを認識することによって、NITRDグランド・チャレンジTask Forceはグランド・チャレンジの新たな定義を打ち出し(2ページ参照)、16の典型的グランド・チャレンジを取り上げた。これらのグランド・チャレンジは人類にとって意義深い、実用面で重要なブレークスルーをもたらすことが期待される。新たな進歩に伴い、これらのチャレンジは、進歩し、新しいグランド・チャレンジに取って代わられることになる。

## 2. 典型的な NITRD に対するグランド・チャレンジを構成するための基準とテンプレート

グランド・チャレンジを構成するための指針として、一連の基準が設定された。これらの基準は第4章でグランド・チャレンジを記述するために用いられたテンプレートに反映されており、その説明は以下のとおりである：

- 表題
- 数十年計画のグランド・チャレンジの説明
- 今後10年間の焦点
- 利益
- 国家優先事項との関係
- ITについての難問分野との関係
- 進歩の指標

### 2.1 表題

複数分野にまたがって目標とする課題を考えることを促すために、表題を決める際は、わが国の研究者が、今日、また、これから先の10年において理解したいと思うような知的課題をさらに超えるような課題をTask Forceの目標として設定する挑戦を行わせ、これを反映する表題が設定された。一覧表はHPCCの先駆者に敬意を表して物理科学的チャレンジから始まり、続いて人的要素の強いチャレンジをと並べている。しかし、一覧表は重要度に従って並べられているわけではない。

### 2.2 数十年計画のグランド・チャレンジの説明

この説明は、Task Forceが、その達成に今から10年以上はかかであろうと思われるチャレン

ジについて明確に表現している。しかし、現在の通常スピードの技術的進歩、また時折生ずる予想外の発展（例えばインターネットの成功やHPCCプログラム進行中の早い時期に見られたワールド・ワイド・ウェブの成功など）を見てみると、これらの目標は予想よりも早めに達成できるかもしれない。その一方で、グランド・チャレンジの中には半世紀をかけても達成できないものもあるかもしれない。実際、NITRDグランド・チャレンジに似た概念的なアイデアのいくつかは、既に数十年にわたり集中的に研究されてきた課題（自然言語はその一例）であり、ここでの説明は今日までの進歩を反映したものである。

### 2.3 今後10年間の焦点

長期的グランド・チャレンジの将来をながめてみると、それらのチャレンジの特定の側面が今後10年間に注目されると識別されるものがある。その注目されるのいくつかの分野は、特別難しく、直ちにに取り組む必要があることから選択されるのである。その他のものは取り組みに必要な知識や資源が現在入手可能なものである。このようなチャレンジの要素の中の短期的なものに注目することは、より長期的なグランド・チャレンジへの注目を持続する助けとなる。

### 2.4 利益

NITRDグランド・チャレンジは、その解決法が見出されるたびに、社会的、経済的、政治的、科学的、そして技術的な極めて多岐にわたる利益を生み出すことができる。これらの利益を普及させる共通の道筋は、長いあいだ人間を困らせてきた複雑な問題に対する解答の発見、人間の研究に関する新しい学問分野や複数の分野を複合させた新分野の創造、そして新技術の開発と利用を含むものである。

## 2.5 国家の優先事項との関係

科学技術政策局(OSTP)のホワイトハウスオフィスの当局者と緊密な調整を行うことにより、Task Forceは 広い意味での国の科学的、軍事的、社会的、経済的、そして政治的な価値と目標を反映する6つの国家優先事項を定めた。それぞれのグランド・チャレンジは、これらの国家の優先事項の一つまたはそれ以上のものに強力な貢献をする。

- 科学および技術分野におけるリーダーシップ
- 本土および国家の安全保障
- 健康および環境
- 経済的繁栄
- 住民への行き届いた教育
- 活気に満ちた市民社会

NITRDグランド・チャレンジはもともと一国内を想定して構成された。しかし、グランド・チャレンジの多くは、その成功のためには国際協力や協調が不可欠であり、また、全ての国はそれらが生み出す進歩によって利益を得ることができるものである。

図1(8ページ)はグランド・チャレンジと国家の優先事項との関係を示したものである。青色で示してある項目はそれぞれグランド・チャレンジと国家の優先事項の顕著な関係を表している。

## 2.6 IT上の難問分野とIT上の難問との関係

IT上の難問分野とは、情報技術研究開発コミュニティとNITRD計画にとって重要なトピックをくくる広範なカテゴリーである。Task Forceは14のIT上難問分野を取り上げた:

- アルゴリズムとアプリケーション
- 複雑な異機種混在システム

- ハードウェアテクノロジー
- 高信頼 IT
- ハイエンドコンピューティングシステム
- 人を強化するIT
- 情報管理
- 知的システム
- ITシステム的设计
- ITの有用性
- IT労働力
- ITの管理
- ネットワーク
- ソフトウェア技術

表2(9ページ)で示されているように、おのおののグランド・チャレンジはいくつかのIT上の難問分野の進歩を必要としている。おのおのの水色のセルはグランド・チャレンジとIT上の難問分野の顕著な関係を示したものである。

おのおののIT上の難問分野に対して、Task Forceは、一つかそれ以上の典型的なIT上の難問を示した(付録1)。特定のIT上の難問はそれぞれのグランド・チャレンジの説明に記述されている。グランド・チャレンジに向けての進歩にはこれらのIT上の難問へのブレークスルーや解決が必要不可欠である。IT上の難問は現在の我々の理解や能力を超えている。しかし、それらの解決に向けた中間的な進歩も、グランド・チャレンジへ貢献すると考えられる。

IT上の難問は現在のNITRD計画の投資領域全体に渡っている。情報技術R&Dの進展の速さを考えると、IT上の難問も時間とともに変わりゆくことが予想され、またその変化に応じてNITRD

計画も進歩すると考えられる。

## 2.7 進歩の指標

数十年にもわたるグランド・チャレンジのような活動にとって、時間の経過とともに起こる変化を識別できる実体があり、その変化が進歩を示すものであると便利である。これらの実体の性質は、質的なものであっても量的なものであってもかまわない。しかし、量的なものは実際に測定をすることが難しいか、或いは不可能である可能性がある(例えばエラーや失敗の減少など)。たいていの場合、少なくとも現在の我々の理解によれば、最もよく、重要なもの、または最も影響力のある達成度とは、質的な性質のものである。例えば、発明や発見の成果が現れてくるのは数十年も後という可能性もある。NITRDグランド・チャレンジの進歩を示す複数の指標はこれらの範囲を網羅している。

## 3. 典型的 NITRD グランド・チャレンジの将来

NITRDグランド・チャレンジは時間とともに変化するものと予測されている。すなわち、進歩し、目標が変わり、新たな挑戦が生まれる。

HPCCプログラムがそのグランド・チャレンジを認識してから12年が経つが、NITRD計画やそれを継承する計画がいつかグランド・チャレンジの定義や詳細を改訂すべく再検討する可能性もある。

それまでの間は、これらのグランド・チャレンジはNITRD機関の技術プログラムマネージャや議会、また行政部門の政策決定者を先導することができる。これらは、国全体にわたり、現在・未来の学生、大学の研究者、また国、および企業の研究者などによる知的探求の標識塔として役

に立つことができる。現時点の限界を越えたいと願っている研究者は、NITRDグランド・チャレンジを基礎としてそのうえに自らのビジョンを明らかにすることもできる。

NITRD計画は、連邦機関、大学、企業の協力・共同研究の長い歴史がある。そして、その成功の多くがこの協力、共同研究によっている。これらの相互関係を深めることによるのみグランド・チャレンジの目標を達成することができる。

また、以下に列挙したグランド・チャレンジの要素から見られるように、グランド・チャレンジの成功には国際協力・協調が不可欠である：

- 気候変動、エネルギー、人類の健康、自然・人工の災害、汚染、そして輸送の問題は国境を越える。
- 研究者、労働者、教育者、そして学生の多くは様々な国に暮らし、或いは違う言語を話し、さらには特殊な科学的器具や科学的データを使用せねばならず、また互いに口頭・書面両方での意思疎通が必要となってくる。ロボットのようなITシステムに向かって語りかけたり聞いたりしなければならぬ者もいる(例えば緊急時第一応対者や戦地軍人など)。
- ITによる利益はアメリカ国内とともに、世界中の遠隔地にも及ぶことが可能であり、ITは教育の改善、異文化や異なる社会間の理解の促進、共同社会の構築などに大いに貢献することができる。

表1. 典型的グランド・チャレンジと国家優先事項の関係

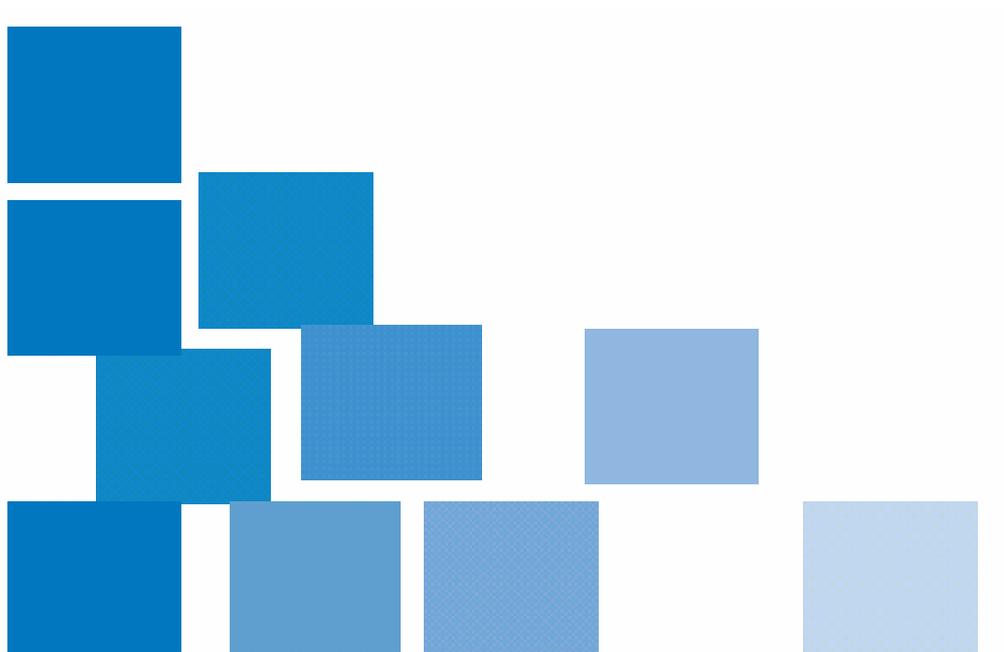
典型的グランド・チャレンジ	国家優先事項					
	技術分野における リーダーシップ	化学および 本土および 国家の安全保障	健康および 環境	経済的繁栄	住民への行き届いた 教育	活気に満ちた 市民社会
科学およびエンジニアリングのための知的環境						
燃焼改良によるクリーンエネルギー生産						
高信頼インフラストラクチャー制御システム						
患者の安全と健康の質の改善						
長期的地域別気候変動のための知識を利用した戦略的計画						
ナノスケール科学およびテクノロジー: 原子と分子の振る舞いのアンサンブル探求とその利用						
汚染物質の経路および健康への影響の予測						
自然或いは人工の脅威のリアルタイムな検出、評価そして対応 より高い安全性、安定性、効率、輸送力を持つ多様(マルチ モーダル)な輸送システム						
万人のデジタル社会への普遍的参画の帰結の予測						
協調的知能: 人とインテリジェントテクノロジーとの融合						
よく精通した知識から洞察を生み出す						
知識集約型ダイナミックシステムの管理						
自然言語熟達法の急速な修得.						
SimUniverse: 探求による学習						
全ての人にとっての仮想生涯教師						

表2. 典型的グランド・チャレンジとIT上の難問分野の関係

典型的グランド・チャレンジ	IT 難問分野													
	アルゴリズムとアプリケーション	複雑異機種混在システム	ハードウェアテクノロジ	高信頼のコン	ハイエンドコンピュータシステム	人を強化するIT	情報管理	インテリジェントシステム	ITシステムデザイン	ITの有用性	IT労働力	ITの管理	ネットワーク	ソフトウェア技術
科学およびエンジニアリングのための知的環境														
燃焼改良によるクリーンエネルギー生産														
高信頼インフラストラクチャー制御システム														
患者の安全および健康の質の改善														
長期的地域別気候変動のための周知徹底された戦略的計画立案														
ナノスケール科学およびテクノロジー：原子と分子の振る舞いのアンサンブル探求とその利用														
汚染物質の経路および健康への影響の予測														
自然或いは人工脅威に対するリアルタイムな発見、評価そして対応														
より安全な、より安定した、より効果的な、より高輸送力のマルチモーダル輸送システム														
デジタル社会への万人参画の結果予想														
協調的知能：人間とインテリジェントテクノロジーとの融合														
自らの周知の情報から洞察を生み出す														
知識集約型ダイナミックシステムの管理														
自然言語熟達方法の急速な修得.														
SimUniverse：探求による学習														
全ての人にとっての仮想の生涯教師														



# 典型的 NITRD グランド・チャレンジの 詳細説明





## 4.1 科学およびエンジニアリングのための 知的環境

### 数十年計画の グランド・チャレンジの説明

- 新しい科学的発見や教育が分野・地域を問わず行き渡るように、スーパーコンピュータ、データアーカイブ、遠隔地実験施設、そして分野別研究手段などの分散した資源を組織化し、広範囲にわたって使用可能な状態にする。

### 今後10年間の焦点

- 科学者の要求、及びどのように科学が変わってゆくかを理解する(例えば、データセットはより複雑に、チームはより多分野にまたがっていく)
- コンピューティングシステム、アーカイブ、機器、そして施設へのアクセスを増やす
- 成功した実験例を基に構築する:
  - Upper Atmospheric Research Collaboratory 上層大気研究協力機構(UARC)とSpace Physics and Aeronomy Research Collaboratory 宇宙物理航空学研究協力機構(SPARC)
  - 地震工学ミュレーションネットワーク(NEES)
  - 生物医学情報研究ネットワーク Biomedical Informatics Research Network (BIRN)
  - 米国仮想天文台(NVO)

### 利益

- 分野を越えた新発見(一分野における発見を他の分野に当てはめることが可能)
- 科学およびエンジニアリングの新しい領域を確立

### 国家優先事項との関係

- 科学および技術分野におけるリーダーシップ
  - 幅広い科学、工学、そしてテクノロジー分野でのアメリカのリーダーシップの維持
- 本土と国家の安全保障
  - 安全保障はますます科学・工学の進歩に依存
- 健康と環境
  - 水質改善と人の健康
- 住民への行き届いた教育
  - K-12(幼稚園・保育園から第12学年まで)、学部、大学院教育の恩恵
  - アメリカ国内及び世界中の低開発地域への恩恵
- 活気に満ちた市民社会
  - 社会科学、人文科学へのこれらの環境の利用(博物館での3D映像を使った古代文化遺物の展示など)

### IT難問分野

- アルゴリズムとアプリケーション
  - 科学及び工学全体にわたるモデリングとシミュレーション
- 複雑異種システム
  - 科学及び工学実験の制御
  - 科学及び工学のデータ収集および実験のための組み込みシステム
- ハードウェア技術
  - 大容量記憶テクノロジー
  - センサーに応用される生物学的およびナノスケールテクノロジー

- 高信頼のIT
  - セキュリティ
  - 信頼性
  - アプリケーションに埋め込まれる信頼性確認ツール
  - 方針により可能となるインフラストラクチャー（例えば資源共有のためのプロトコル、方針や機構、また知的環境におけるスケジュールの組み込みなど）
- ハイエンドコンピューティングシステム
  - 大量の計算を必要とするモデルやシミュレーションが不可欠な応用のためのHECシステム
- 人の能力を強化するIT
  - 遠隔操作システムのような、遠隔地との共同作業のような応用に組み込まれるプレゼンス及アウェアネスツール
- 情報管理
  - 大容量データおよび情報リポジトリの構築と管理
  - データ分析ツール
- インテリジェントシステム
  - 知識をアーカイブした大容量データベースにおける知識発見
- ITシステム設計
  - 相互運用性（インターオペラビリティ）
  - ユーザーやサイトの増加に伴うツールや環境の拡張性（スケーラビリティ）
- ITの有用性
  - 実験者、データ分析者そしてチャット設備を支援するためのスクリーン資源（スペース、時間etc）の管理
- IT労働力
  - 技術者のための先進IT

- ITの管理
  - 知識の収集と獲得に対して著作権を適用して制限する方法
  - ソフトウェアとインフラストラクチャーの標準化
- ネットワーク
  - 様々なサービスを提供すると共に、信頼性があり、かつ安全なネットワーク
  - 国際協調のための帯域幅
- ソフトウェアテクノロジー
  - 科学及び工学において異なる個人や団体の任務を認識するソフトウェア

## 進歩のしるし

- 分散した科学及び工学研究環境の利用者の増加
- 分散した場所に存在する科学研究や工学研究間の協調作業の増加
- 国の遠隔地に居て研究する科学者、エンジニアの増加
- 科学及び工学のより多くの領域で新たなツールやアプリケーションが生まれること
- 科学及び工学の新しいアイデアが生まれ、進歩すること
- 科学者やエンジニアがそれぞれの目標をより効率的かつ効果的に達成すること
- 幼稚園・保育園から大学学部にいるまでの「実践的」科学教育の増加



## 4.2 燃焼改良によるクリーンエネルギー生産

### 数十年計画の グランド・チャレンジの説明

- アメリカの主要なエネルギー源となっている化石燃料の燃焼効率の改善
- 温室効果ガスの排出削減による環境の改善

### 今後10年間の焦点

- 燃焼型エンジン設計の最適化
- 排出物を最小減に抑えるための触媒反応(燃焼型エンジンにより排出される汚染ガスの捕捉)の改良
- 地球規模の気候への排出物の影響を理解

### 利益

- エンジンおよびタービンの設計の改良
- 海水面の上昇を引き起こす温室効果ガスの削減と地球温暖化の防止
- 燃焼の副産物中の発癌物質除去による人類の健康状態の向上

### 国家優先事項との関係

- 科学及び技術分野におけるリーダーシップ
  - 先進シミュレーションツール設計の最前線にとどまる
  - 燃焼科学の発達
  - 内燃機関全体の模擬実験の実施
- 国家と本土の安全保障
  - 海外の石油への依存度を縮小
- 健康と環境
  - 炭素やその他の汚染物質の排出削減
- 経済的繁栄
  - 燃料消費の経済に対する需要の縮小

## IT難問分野

- アルゴリズムとアプリケーション
  - 内燃機関に関して次のものをモデル化する: 固体と気体の相互作用、それらの境界の移動について、及びその変化の幾何学について
  - 正確に汚染物質の産出を予測するために、何百もの化学物質の複雑な非線形の相互作用をまとめて分析する。
  - 実験室規模のモデリング(レーザーで計測された副産物を使った卓上サイズエンジンによる予混合燃料の燃焼など)から始まり、10倍以上の種類と反応、数倍の時間と空間規模、さらに煤煙やその他の副産物の予測がより困難という実験室規模以下まで条件を変化させた、複雑な幾何学構造をもつディーゼルエンジンのモデリングの解析
- ハイエンドコンピューティングシステム
  - 不規則なメモリアクセスパターンを持つ多種類の物理学の応用を処理できる高性能コンピュータシステムアーキテクチャーの研究

- 情報管理
  - その特性が変化する多数の分散した発生源が起こす力学的、および熱化学的な反応データについての整合性のとれたデータベース
- ITの管理
  - 一般的モデルに属するデータを異なる会社に帰属する企業秘密データから隔離する方法

## 進歩のしるし

- 予測的モデルの精度
- 技術移転
- CAFÉ (corporate average fuel economy: 企業平均燃費規制) 標準で取り組んでいるような燃費の向上
- 汚染物質の削減



## 4.3 高信頼インフラストラクチャー制御システム

### 数十年計画の グランド・チャレンジの説明

- 電力供給網、水の供給、輸送システムなどの国内インフラストラクチャーシステムの継続的かつ安全な運用の保証
- 悪質な攻撃、物理的損傷、そして複雑な連鎖的損傷に対する防護

### 今後10年間の焦点

- 遠隔データ収集システム(SCADA)
- レガシーシステムから、ITによって可能となる、有能かつ弾力的なインフラストラクチャーへの転換
- 航空交通管理や輸送スケジュールのような新形態の分散インフラストラクチャーに見られるような、協調し、かつ分権化した管制制御

### 利益

- 幅広い分野の悪質な攻撃や損傷に耐えうる強固かつ存続可能なインフラストラクチャー
- 安全性に対するマージンの洗練された管理を通じて実現される、より高い受容力をもつシステム
- 損傷個所の隔離をさらに円滑化し、広範囲におよぶ崩壊を防止し、損傷の影響を減少させる能力

### 国家優先事項との関係

- 国家の安全保障
  - 情報戦争
  - 軍事指揮、管理、およびコミュニケーション
- 本土の安全保障
  - 重要なインフラストラクチャーの防御
- 経済的繁栄
  - 信頼できるインフラストラクチャーとエネルギーの自立
- 活気に満ちた市民社会
  - 近代社会には確かなインフラストラクチャーが必要

## IT難問分野

- 複雑な異種混合システム
  - 同時に起こり、相反する要求を発生させる相互作用を理解し、それらのバランスをとること:
    - 損傷を許容できるようにする(許容誤差として知られる)
    - 時間的制約内に回復する
    - 損傷から復旧している間のセキュリティの確保
  - SCADA(遠隔データ収集システム)における緊急(予測困難な)行動を理解し管理する。局所的な相互作用が地球規模での不安定につながることもある。
- 高信頼のIT
  - セキュリティ(認証、アクセス管理、侵入検出)をかつて存在したことの無いネットワーク組込み型のシステムに統合する
  - 攻撃されることをきっかけとして、許容できるレベルの新しいオペレーションのパラダイムを確立する。攻撃を阻止するためにシャットダウンする選択肢はこれに含まれない。
- ネットワーク
  - 安全で生き残れるネットワーク

## 進歩のしるし

- 有用性向上のため平均復旧時間(MTTR)を減少させる
- 損傷の減少、規模の縮小



## 4.4 患者の安全と健康の質の改善

### 数十年計画の グランド・チャレンジの説明

- より安全な実証的医療と医療ミスの減少による患者のケアの改善
- 医療介護提供者とその患者の判断をより確かなものにするために患者の情報と医学知識を結びつける

### 今後10年間の焦点

- 医療ミスや可能性な解決法の問題の重要性についての意識向上
- 分析やフィードバックを可能にするために、統一のとれた医療報告要件を確立する
- 医療ミスのデータを収集・分析し患者の安全な研究を可能にする
- 他産業を研究することで健康産業におけるミスをいかにして減らすかを学ぶ。例えば、航空産業ではパイロットがニアミスを経験したことを報告する義務がある。
- 医療専門家に聞くべき質問はなにかを市民に教育

### 利益

- ヘルスケアの質と患者の回復の向上。例えば、ワーカーはより早く職場へ戻ることができるようになり、老人はより長く自宅で暮らせるようになる
- 医療の継続的改善を支えるヘルスケアITインフラストラクチャー。例えば薬品のバーコード化、看護におけるタイムスタンプの使用、無線周波数認知装置の使用など。
- ヘルスケア資源の効果的利用
- 秘密性を保持しつつ改良点を監視する分析システム

### 国家優先事項との関係

- 健康と環境
  - アメリカ国民の健康状態の向上とより良い資源利用
- 経済的繁栄
  - 生活の質の向上

### IT難問分野

- アルゴリズムとアプリケーション
  - 医療ミスのモデリングとシミュレーション
- 高信頼のIT
  - 許可、認証、バイオメトリックス、認可、暗号化、インターフェースを含む健康情報の安全確保とプライバシー
- 人の能力を強化するIT
  - 医師と患者によるプロンプト、警告、注意の拡張可能な相互利用

- 情報管理
  - 根拠に基づいた意思決定をサポートするための、データ、情報および知識管理
  - データマイニングやデータウェアハウス構築を行って、患者の安全に関する知識を深め、高める
- インテリジェントシステム
  - 共通医療用語のような人的言語テクノロジーにより正確なコミュニケーションと最適な意思決定を可能にする
- ITシステム設計
  - 病院内、提供者間で、そして保険会社、信任状委員会、政府のような他の利害関係者間における健康情報システムの相互運用性
- ITの有用性
  - 医療上の意思決定を下す時点および要所でのプロンプト、警告、注意を提供するユーザーインターフェース
  - 利用者の異なったスキルレベルや経験によって異なる設計
- ITの管理
  - 革新的アプリケーション開発促進のためのオープンソース電子健康レコードの公的サポート
  - 患者の安全面での、IT利用の経済的、法的、政策的および社会的かかわり合い

- ネットワーク
  - 国内外で患者の安全保護の改善普及に成功するためのネットワーク管理、信頼性、拡張性
- ソフトウェアテクノロジー
  - 健康情報ソフトウェアに関する要求の明確化、およびエンジニアリングおよび実現技術の確立
  - ソフトウェアの信頼性、性能、品質保証

## 進歩のしるし

- 報告される医療ミス件数は報告が増えるにしたがってまず増加するが、より多くの機関が体系的にミスを経験するようになるに従い、重大なミスは減少
- 医療ミスが原因の死亡者数と病気の減少
- ヘルスケア提供者のための実証に基づく新しい施設。例えば、ヘルスケア品質評価のための情報センター
- 患者の安全のための研究成果が組み込まれたヘルスケア計画を産業界は採用するように決定すること



## 4.5 長期的地域別気候変動のための 周知徹底された戦略的計画

### 数十年計画の ブランド・チャレンジの説明

- 地域産業などの意思決定者に地域レベルでの気候変動の影響の観察、モデル、理論の包括的な評価を通して得られたタイムリーな知識を提供し、最適な変動による被害への対応や軽減戦略を選択できるようにする

### 今後10年間の焦点

- 気候変動の影響とそれいかに対処するかのおおやけの議論に対して、科学的根拠に基づく情報を提供
- 気候予測の不確実性を減少させ、共通の理解や将来の見通しについてのコンセンサスを得ることを可能にする
- 予測し得る代替的な未来像とそれにいたる道筋を見極める(地球温暖化は氷の溶解とそれに伴う海面の上昇を引き起こすものであり、その結果、海浜付近での建設の減少は確実)
- 国内・国際の議論の舞台の両方での意思決定を改善
- 気候変動の影響を緩和する、またはそのリスクを管理する機会を見極める

### 利益

- 予測される地域別気候変動に基づく長期的な対応策などの意思決定の改善

### 国家優先事項との関係

- 科学および技術分野におけるリーダーシップ
  - 気候変動を予測する能力をもち、それに対処する代替案を考案する
- 健康と環境
  - 生存に適した健康と気候
- 経済的繁栄
  - 成長可能な農産業
- 住民への行き届いた教育
  - 対応策などの公開の議論への情報提供

### IT難問分野

- アルゴリズムとアプリケーション
  - 構成が変化する条件下における大気、海洋、生物学的システムを含む環境をモデル化する
  - アルゴリズム、効率的並列化、隣接するノード間のコミュニケーションのスケールを見極める
- ハードウェアテクノロジー
  - より高速のコンピュータ、より高速の結果へのアクセス、ナノスケールデータストレージ
- 高信頼のIT
  - セキュリティ
  - 故障しないコンピュータ上で長期間にわたり実行を続けるモデルの実現

- ハイエンドコンピューティングシステム
  - 解像度の高い地域気候モデルを作成できる大規模なコンピューティングパワーの実現
  - アクセスグリッド、データグリッド、視覚化グリッドを用いることによる次のようなシステムの実現： 広く分散した異なる気候のコミュニティの間を密接に関連づけ、大規模だがあまり分散していない計算、記憶、視覚化を行う資源を密に結合して、地域別モデルを地球規模の気候データにアクセスできるようなシステムの実現
  - 総合化し調和のとれたシステムは、グリッドの能力を越えてしまうかもしれない
- 人の能力を強化するIT
  - 巨大なデータセットに”頭が回る” ように人の手助けをする
- 情報管理
  - 数十年計画の多分野データセットのデータウェアハウス構築、データマイニング、ナレッジマネジメント、および数十年計画の多分野データセットへのアクセス
- インテリジェントシステム
  - データの診断・編成のオートメーション化
  - 分野にわたるデータの評価を行える
  - 国際的舞台向けの多言語アクセス
- ITシステムデザイン
  - 様々なコミュニティやプラットフォームにまたがる相互運用性
  - 主要アーキテクチャー上に移植できる地球システムをモデル化したフレームワークの構築
- ITの有用性
  - 気象学者から問題を持つ意思決定者までのユーザーに対して、それぞれのグループにとって自然な方法で交流させることのできるインターフェース
- IT労働力
  - 意思決定者がIT専門家にならずとも、先進ITを利用できるようになること
- ITの管理
  - データベースの知的財産問題
  - 小規模のハイエンドコンピューティング市場から始まるコミュニティのオープンソースへの移行
- ネットワーク
  - センサーネットワーク
- ソフトウェアテクノロジー
  - モデル製作者からデータ管理者までの広範囲の研究者コミュニティが協力して作業ができる

## 進歩のしるし

- 予測モデルの正確さ
- テクノロジーの移転
- 国内、および国際的コミュニティでの広範な合意
- 22世紀及びそれ以降も成長可能な経済



## 4.6 ナノスケール科学およびテクノロジー： 原子と分子との振る舞いのアンサンブル探求と その利用

### 数十年計画の グランド・チャレンジの説明

- 原子と分子のナノスケールでの総合的振る舞い(アンサンブル)の予測
- 原子と分子のアンサンブルを新しい装置に組み込む

### 今後10年間の焦点

- 原子と分子のアンサンブルの基礎行動パターンを最初の法則からシミュレーション
- 分子スケールの装置を設計、製造する
  - 物理的特性を応用し、自己組織化するナノスケール物質を化学反応によって大量に生成(例:ナノチューブやナノワイヤー)
  - これらの物質を加工して有用なデバイスを作成
  - ナノスケール物質の欠陥を検知、修正する
- ナノスケールコンピュータ
  - ナノスケールコンピュータ内の処理エレメントを分散コントロールする—多数の小さく単純なエレメントは中央に単一のクロックを持つよりも、むしろ互いに直接同期させる必要がある
  - ナノスケールコンピュータの入出力へのナノスケールの信号伝達を理解し応用する

### 利益

- 第二次産業革命

### 国家優先事項との関係

- 科学及び技術分野におけるリーダーシップ
  - ナノスケールの振る舞いを予測し信頼性の高いナノスケールデバイスを製造する能力
- 国家と本土の安全保障
  - 「スマート・ダスト」—単純なナノスケールのセンサーであり、これで戦場を覆い、軍隊や病原体の動きを監視する。これによって指揮官はよりよい攻撃計画を作成できる
- 健康と環境
  - 環境改善のための新しい製薬法による薬品や新しい微生物など
- 経済的繁栄
  - 新しい磁気的特性や、より高い強度を有する新しい材料やデバイス

## IT難問分野

- アルゴリズムとアプリケーション
  - ナノスケールとマイクロスケール間の振る舞いの遷移を理解するためのモデリングやシミュレーション。このことによって新出現のナノスケールの振る舞いを1000から100万の原子をもつデバイスに応用することが可能となる
- ハードウェアテクノロジー
  - ナノスケールテクノロジー
  - 高密度のストレージ
- ハイエンドコンピューティングシステム
  - ナノスケールテクノロジーのハイエンドコンピューティングシステムへの応用
- 人の能力を強化するIT
  - 人間の能力を増強する材料(例:色を変えることでカモフラージュする衣類)
- ITシステム設計
  - コンポーネントサイズの縮小を継続
- ネットワーク
  - センサーネットワークの発達

## 進歩のしるし

- 特性が予測可能なナノ物質の原子の数
- ナノスケールデバイスをシミュレートできる時間の長さ
- ストレージメディアの密度
- 設計者の手になる材料や薬品の発展



## 4.7 汚染物質の経路および健康への影響の予測

### 数十年計画の グランド・チャレンジの説明

- 環境の中で汚染物質がどのように運ばれ、変化していくのかについてのより良い理解
- 汚染物質がどのように人間に到達し人々の健康にどう影響するかを予測

### 今後10年間の焦点

- 境界を越える汚染物質の活動(例:皮膚を通過)と汚染物質が体内でどう変化するかさらなる理解
- 汚染物質に対する遺伝子、細胞、臓器、人の反応の予測を向上

### 利益

- 健康へのリスクをより効率的に且つ効果的に認識し低減する
- 安全で新しい化合物使用のより早い承認
- 動物実験の必要性の低下

### 国家優先事項との関係

- 科学及び技術分野におけるリーダーシップ
  - 健康へのリスクに関する科学的学習を進展させ、それらに取り組む技術を発展させる
  - 遺伝学、毒物学、環境科学におけるアメリカのリーダーシップ維持を助長
- 国家と本土の安全保証
  - 危険化学物質の大量放出などの大惨事へのより良い対応
- 健康と環境
  - 環境健康リスクの削減
- 経済的繁栄
  - 高リスクよりも低リスクとされる物質のより早い認可(例:低リスク殺虫剤)

### IT難問分野

- アルゴリズムとアプリケーション
  - 環境、人間、およびそれらの相互作用のモデリングとシミュレーション
  - 細胞と臓器への汚染物質の影響のような異なるスケールの対象に対するシミュレーションの間の情報交換や比較などのコミュニケーション
- 複雑な異種システム
  - 環境センサーはITの進歩が必要
- 高信頼のIT
  - 人々の健康に関するデータのプライバシー保護

- ハイエンドコンピューティング
    - グリッドコンピューティング
    - 異なるアーキテクチャーのマシンでも同一コードがより効率的に動作できるようにすることでハイエンドコンピューティング(HEC)システムをより使い易くする
  - 人の能力を強化するIT
    - 複雑なデータセットであってもモデリングやシミュレーション結果をパターンとして見えるように視覚化する
    - 異なる学問や異なる場所にいる人々の協調関係の向上
  - 情報管理
    - 異なる学問とそのデータに対する全体論的なアプローチ(選択肢としてカスタムプログラミングが挙げられる)
    - 現在から数十年後になってもデータを読めるように大規模データセットを長期的に管理、保管する
    - 新しいパターンや新情報発見のためのデータマイニング(例えば、健康と環境のデータを考察し汚染物質との接触のリスクを調査する)
  - 知的システム
    - 新知識を、分野を越えて共有・統合できる新知識の生成、提示
  - ITの有用性
    - 人間とコンピュータのインタフェース、およびデータ収集ツール(遺伝子チップ配列のような)、それらが作り出すデータ、そしてまた複雑なデータセットの分析データとのやりとりへのITの適用
  - IT労働力
    - 生物学者などの環境科学者がIT専門家にならずに先進ITを利用できるようになることが必要
    - コンピュータ科学者のようなIT専門家とITに頼っている非IT専門家(例えば生物学者、化学者、環境学者、経済学者、気象学者など)の学際的インタラクション
  - ネットワーク
    - 分散ITリソースを簡単に非専門家が利用できるグリッドの研究開発
  - ソフトウェアテクノロジー
    - 明確に定義された方法で相互作用するモデルのシステムの構築(例: 化学的、環境的、皮膚の、そして体内のモデル)
    - ソフトウェアエンジニアでない人によるモデルの開発
- ### 進歩のしるし
- 健康へのリスクの低減
  - 化学物質の有害な影響を選別する費用と時間の減少
  - 汚染物質に敏感な部分的人口の予測のより正確な予測



## 4.8 自然或いは人工的脅威に対するリアルタイムな発見、評価そして対応

### 数十年計画の ブランド・チャレンジの説明

- 自然による脅威（地震、ハリケーン等）と人工的脅威（化学的、生物的、放射能など）の原因と規模を突き止めさらに評価し、人命と財産の損失を最小限に抑えるべく迅速に対処する

### 今後10年間の焦点

- 気象学的、気候的、化学的、生物的、そして放射線医学的な危機を認識し対応することのできる暖房、換気、空調（HVAC）と水のシステム
- 危機除去のための準自動ロボットのネットワーク
- 自然及び人工脅威のミクロな影響のより正確な予測

### 利益

- 脅威への抵抗力の向上による環境の安全性とセキュリティの向上
- 水の供給、通信網、空港ターミナル、オフィスビルなど公共インフラストラクチャーや物理システムの安全とセキュリティ
- 災害除去のためのより安全なテクノロジー

### 国家優先事項との関係

- 国家と本土の安全保障
  - テロリストの脅威や攻撃を最小限に抑える
- 健康と環境
  - より安全な環境
- 経済的繁栄
  - 生活の質の改善
  - 経済における崩壊的事象の減少やその影響の低減

## IT難問分野

- アルゴリズムとアプリケーション
  - 以下のシミュレーションとモデリング：
    - 災害の評価、場所、対処法
    - 地震、洪水、トルネードなどの予測
    - リアルタイムでの複雑な物理システム（例：空港のターミナルにおける気流）
- 複雑異種システム
  - 多種のセンサー、ネットワーク、コンピューティングシステム
  - 自動及び準自動応答ロボットネットワークの分散コントロール
- ハイエンドコンピューティング
  - 要求の過酷なモデリングとシミュレーションのためのより高速なアーキテクチャー
- 人の能力を強化するIT
  - 応答者に対する協調的機能及び視覚化技術
- 情報管理
  - 多数の独立したデータストリームの非同期的収集と処理

- 知的システム
  - 推論ができ、協力できるロボット型の応答装置
- ネットワーク
  - 動的再構成が可能なネットワーク構成となっている多数の異機種の検出器群を、配置し、管理し、モニタリングすること
  - 耐障害性センサーやロボットでシステムの生存・回復を可能にする

## 進歩のしるし

- ネットワークのサイズとトポロジーの豊かさ
- 検知、場所確認、および応答にかかる平均時間
- 小規模の自然災害を模する能力（例：ウインドシヤー（wind shear））



## 4.9 より安全な、より安定した、より効果的な、 より高い輸送力のマルチモーダル輸送システム

### 数十年計画の グランド・チャレンジの説明

- 長期的な輸送需要と代替方法、その費用を分析する
- 現在よりも安全で、セキュアで、能率的な、そしてより高い輸送力を備えたマルチモーダル統合輸送システムを設計し、建設し、運転し、そして保守する

### 今後10年間の焦点

- 通勤者・旅行者の時間、費用、安全性を向上させる
- 長期的ニーズおよび費用の分析(例えば、地下鉄を建設・維持する費用と高速道路や高速車両の建設・維持費用を比較する)
- 安全車間距離を保つインテリジェント車両
- 輸送力を高める自動化高速道路システム
- インテリジェント乗客選別システム
- 都市全体の信号機時間調節により、輸送力向上と事故へのより迅速かつ効率的な対応を可能にする
- 公共輸送システム(飛行機、鉄道、地下鉄、バス)のスケジューリングを同期させ、より多くの人々がそれぞれの目的地により早く到達できるようにする
- 航空管制センターではなくむしろパイロットに飛行機をコントロールさせ、空域と空港の収容力を増す

- 鉄道の高速度化(新幹線・磁気浮上式高速鉄道)
- SegWay™、無人航空機(UAV)、高度自動化個人航空機のような革新的輸送システム
- 諸方式の統合(例えば、鉄道駅まで運行する地下鉄やオンディマンドサービスが提供される空港)
- 安全証明とセキュリティ証明を早めるためのソフトウェア中心輸送システムの標準化

### 利益

- 時間を節約することで旅行者がより融通のきく旅行スケジュールが立てられる
- 政府の輸送システムに費やす建設・維持・安全確保のための資源消費の削減
- 信頼性のある、インテリジェント輸送システムによる安全性の向上
- システムの安全性の向上による保険料率の低下

### 国家優先事項との関係

- 健康と環境
  - 車両による汚染物質の人の健康及び環境への影響を最小化する
  - ガスと石油の消費量を削減する
- 経済的繁栄
  - 人や物資の移動にかかる商業上・行政上の費用の低下
  - 通勤・移動にかかる時間の減少による生産的経済の拡大

## IT難問分野

- アルゴリズムとアプリケーション
  - 現在の及び進化を続ける輸送システムのモデリングとシミュレーション
  - 輸送最適化の向上
- 複雑異種システム
  - センサーや作動装置を高速道路や車両等に取り付け、異なる大きさの車両間や悪天候下でも安全な車間距離を保てるようにする
- 高信頼のIT
  - 有用性、信頼性、安全性、セキュリティをそなえた航空交通、高速道路、鉄道、船舶システム
  - 輸送システム職員を認可・証明するスマートカード
- 情報管理
  - 輸送システム情報のデータマイニングをして安全性・セキュリティを高める
- インテリジェントシステム
  - インテリジェント車両
- ITシステムデザイン
  - 様々な輸送システムの統合
- ITの有用性
  - オペレーターやユーザーの広範なニーズに取り組む

- ITの管理
  - 標準
  - システムや手続の認証
- ネットワーク
  - 信頼性、安定性をそなえたモバイルネットワーク
  - 高速化、小型化、軽量化したセンサーネットワーク
- ソフトウェアテクノロジー
  - 統合輸送システムを開発・運用するためのソフトウェア

## 進歩のしるし

- 輸送システムのITコンポーネントの確認、証明にかかる時間と費用の削減
- 新技術を証明する時間と費用の削減
- システムレベル証明と認可の時間と費用の削減



## 4.10 デジタル社会への万人参画の結果予想

### 数十年計画の グランド・チャレンジの説明

- 絶えず変化を続けるデジタルテクノロジーを利用する人々の増加による幅広い政治的・社会経済的・技術的な影響を理解するための科学的実験を行なう。これらの実験で取り組む問題は以下のとおり。
  - 取り残された人々への影響はどういったものか
  - 万人がデジタル世界に参加すべきか
  - どのようなテクノロジーが展開されるべきか
  - デジタル情報はどこでも機能するか
  - 公共政策との関わりはどうか

### 今後10年間の焦点

- ブラックスブルグ村(ヴァージニア州)で行なわれたような社会技術的な変容の長期的研究
- 地球規模の社会的変容を図表化(例えば家庭、教育機関、コミュニティ、e-ビジネスなどから)
- デジタル社会の意図的および非意図的な成り行きの理解

### 利益

- 参加する全ての人びとの潜在的可能性
- デジタル社会における人間行動の予測、および意図的結末と非意図的結末の予測の改良
- 経済的生産性の向上、革新や、知識創造の改良、迅速化などの意図された結末の最大化
- デジタルディバイドや個人情報盗難など意図できうる結末を最小限に抑える
- 社会的変容を最適化する

### 国家優先事項との関係

- 科学及び技術分野におけるリーダーシップ
  - 科学やテクノロジーにおける、より広範な参画
- 国家と本土の安全保障
  - 信用とセキュリティを高める強力な社会的ネットワーク
- 健康と環境
  - 保健活動に関する新しい知識
- 経済的繁栄
  - 生産性の高い産業、e-コマース、熟練労働者
- 住民への行き届いた教育
  - より多くの人々がITを学習利用できる
  - オンライン教育機関の増加
- 活気に満ちた市民社会
  - 強力な社会的ネットワークでつながれた絆の強い共同体
  - オンライン選挙

## IT難問分野

- アルゴリズムとアプリケーション
  - デジタル社会とその変遷のモデル化
- 大規模異種システム
  - ITや社会システムにおいて複雑さや緊急的行動が似通ってくる可能性
- 高信頼のIT
  - セキュリティ、プライバシー、信用
- ハイエンドコンピューティングシステム
  - 万人の参加はグリッドを超える
- 人の能力を強化するIT
  - 人間の知覚帯域幅の向上、例えば盲目の人の耳に目が行うような機能を装着する
- 情報管理
  - デジタル図書館や博物館などの分野の研究が中心
- インテリジェントシステム
  - 多様な遠隔操作についてのインテリジェントテクノロジーによる、さらに多くの年配者へのより良いケア(例えば、スマートホームや会話のできるコンピュータ)
- ITシステムデザイン
  - 社会がある程度ITの進化を引き起こし、またITの進化が社会を変える
- ITの有用性
  - 万人参加を可能にするテクノロジー
- IT労働力
  - デジタル社会への変遷の社会学的影響を分析する能力のある労働者

- ITの管理
  - 要求を満たすのに役立つオープンソース
  - 知的財産と著作権の問題
- ネットワーク
  - 万人参加を促すためのモバイルネットワーク
  - ラストマイル問題
  - 市民社会の機構とITインフラストラクチャーの機構がからみあっているということを念頭に入れた計画立案
- ソフトウェアテクノロジー
  - プログラマーがプライバシーや監視などの属性ための設計が行なえるような新しいプログラミングメソッド
  - ムーアの法則(チップの大きさ、パワー等が変わらないままコンピューティング性能が18ヶ月ごとに倍になるとする法則)に従うソフトウェアの科学
  - 様々な機関により開発されたソフトウェアモジュールの構成可能性

## 進歩のしるし

- 結果予測の改良
- 予想外の結果がどう生まれ、改善戦略をどう発展させるかにたいする理解が向上する



## 4.11 協調的知能： 人間とインテリジェントテクノロジーとの融合

### 数十年計画の グランド・チャレンジの説明

- 人間・(ソフトウェア)エージェント・ロボット・センサー(PARS)がどのように共同作業に貢献するかを理解する
- PARS共同作業の構造的複雑さ(PARSのコンポーネントがそれぞれ自己組織化し得る対象つまりチーム、ネットワーク、上下関係など)を理解
- 最適協調した、社会にとって有用な社会的・物理的・技術的行動のために、PARSコンポーネントがそれぞれ自己組織化するアーキテクチャーの設計(危機管理、手術の施行、子供に教えるなど)

### 今後10年間の焦点

- 分散知能
- 知識の表現、管理、連携、および統合
- 協調の科学(例えば、集中対分散組織)と分業
- 共同作業の科学
- 人間とコンピュータとの、調節可能な自主性を持つ融合イニシアティブ(人間でもロボットでも行動を開始することはできるが、意思決定者は誰か。一方が他方に、どのように優位に立つか。ロボットが生命危機的な情報を感知した際に、どのようにして人間に避難するよう警告するか)
- 暗黙の合図を理解・解釈する(コンピュータは常に明示的であったが人間には情動(感情)があり、それらは顔の表情や声のトーンなどに表われる。このような感情をエージェントやロボットはどのように読み取るか。命令・提案・ヒント・緊急などの情報を伝えられた際に

どのように異なった対応をするか)

- 経験的実験(例えば、危機や災害時にどのように人間とロボットが相互作用するか)

### 利益

- 電力網のようなシステムの大規模な障害や危機に対応できるような連携を迅速に呼びかける能力
- スマートホーム、病院、高速道路、教室、学校等
- 遠隔治療監視とケアの提供
- サービス経済の生産性のめざましい向上
- 大量生産(より安く、それによって生産者に利益をもたらす)と特注生産(消費者に利益をもたらす)の接点における製造

### 国家優先事項との関係

- 科学及び技術分野における指導権
  - 共同作業を行うように組織されたインターネット或いはグリッド上への本体の配置(例：南極大陸のロボット)
- 国家の安全保証
  - 軍人とITの調和と共同作業
- 健康と環境
  - 健康インフラストラクチャー(例：オンライン処方箋による調合)
  - 遠隔医療(家庭内センサー、病院内センサー、診断センサー等)
  - 年配者のためのインテリジェントな援助
- 経済的繁栄
  - 製造者をサービス提供者のバリューチェーンに沿った生産性の向上

- 住民への行き届いた教育
  - 学生個人やグループのための教育エージェント
  - 協調的学習環境
  - 生涯学習
  - 研究と教育の統合
  - 教師と生徒による機材の遠隔コントロール（高性能望遠鏡や顕微鏡）
- 活気に満ちた市民社会
  - 共通の利益を持つ分散型共同体

## IT難問分野

- アルゴリズムとアプリケーション
  - 人間とインテリジェント技術の相互作用のモデルをつくる
- 複雑異種システム
  - 人間・エージェント・ロボット・センサー同士の相互作用と意思決定を実装
  - 物理的システムによる相互作用のコントロール
- 高信頼のIT
  - データと情報のセキュリティ
- 人の能力増強IT
  - 人間の認識力を高め、エージェント、ロボット、センサーからの入力で現実性を高める
  - 協調環境およびツール
- 情報管理
  - 分散知能のための知識管理
  - 人間とインテリジェント技術とのコミュニケーションのための自然言語
- インテリジェントシステム
  - 状況や人間の感情を認識するシステム

- ITシステム設計
  - 自己組織化アーキテクチャー
  - 相互運用性
- ITの有用性
  - 人間の行動や人間とエージェント・ロボット・センサーとの相互作用から得た知識から発展したユーザーインターフェース
- IT労働力
  - エージェント、ロボット、およびセンサーと働けるように非IT専門家を訓練する
- ITの管理
  - 人間とロボットが別々のソフトウェアコンポーネントを作成するようであればオープンソースの必要がある可能性がある
- ネットワーク
  - モバイルネットワーク(危機や災害時のためなど)
  - アドホックな提携をサポートするための再構成可能なネットワーク
  - 信頼性と拡張性
- ソフトウェアテクノロジー
  - 新しいプログラミング言語が必要な可能性あり

## 進歩のしるし

- 時間の節約
- 成果の向上
- 科学的発見の改良、迅速化
- 特定の分野で現在可能なよりも大規模な成果をあげる



## 4.12 身近な情報から洞察を生み出す

### 数十年計画の グランド・チャレンジの説明

- 正確な洞察をすばやく且つ自然に回復する
  - 問題解決を行なう個人やチームのために様々なテキストソース、アーカイブデータベース、画像アーカイブ、センサーストリームなどから情報の所在場所を決める
  - 相異なる断片情報間の関連を見極め、整理する
  - 仮説の正当性を確認、あるいは論駁し、人々のその仮説に対する偏見に打ち勝つ

### 今後10年間の焦点

- データが集められるとともにメタデータ(データに対するデータのこと。例えば、データベース内のフィールドおよびデータがどのように収集され処理されたのかについての説明)の収集を自動化
- 様々な形式の情報(文書、画像、動画、タイムシリーズなど)のための分類学(関連性を示すために順番に類別化するシステム)<sup>1</sup>の発展

### 利益

- より迅速な意思決定
- 多様な資料や観点の利用による正確さの向上
- 個人的発見や発見同士を結びつけることの意味合いを理解することによる科学の進歩速度の向上
- 国内外の学際的な協力や発見の増加(例えば、関連する結果を導き出した人々を世界的に結びつけ、また類似分野の研究者を特定する)

### 国家優先事項との関係

- 科学及び技術分野におけるリーダーシップ
  - 分野をまたがった科学的発見の迅速化
- 国家と本土のセキュリティ
  - 危機発生時の、それらの危機に対するより優れた洞察力
  - インテリジェンスデータの評価
- 健康と環境
  - 公共の健康データを統合する
  - エコシステムの理解
- 経済的繁栄
  - 情報の理解と分析のさらなる効率化による新製品・新工程やより効率的なサプライチェーン
  - 今日の情報経済にとって質の良い情報をより容易に利用できるようにすることが不可欠

<sup>1</sup> American Heritage Dictionary of the English Language, Houghton Mifflin, 2000.

## IT難問分野

- 複雑異種システム
  - 遠隔データ収集システム(SCADA)やセンサーのネットワークのような様々な情報源から得た情報についての結論を迅速に収集し、分析し、引き出す
- 高信頼のIT
  - 独自の情報の機密性
- 情報管理
  - 異種のトピック、異種の情報源、様々な質の情報を探し出し分析する総合的な能力
  - メタデータの保護
- インテリジェントシステム
  - 初めから仮定を立てそれを証明する証拠を探す、或いは他の仮定を見つけ出しその仮定を支持または論破するためのデータや情報を探す自動化ツール
  - 情報を分析し、思いがけない関係を認識する自動化ツール
  - 様々な言語で情報を分析・提示
- ITの有用性
  - 質問や発表の好みの点で幅広い多様性を有する、広範で多様な利用者と相互関係を持つ
- ネットワーク
  - アドホック・ネットワーク
  - センサーネット

## 進歩のしるし

- 精度(関連項目のうちで検索された項目の割合)やリコール(検索された項目のうちで関連項目の割合)のような標準的情報検索測定基準
- 仕事をこなす時間
- より良いものを理解する能力
- 生産性向上のために、これらのテクノロジーを取り入れる際の産業の利益



## 4.13 ダイナミック環境における知識集約型組織の管理

### 数十年計画の グランド・チャレンジの説明

- 知識集約的組織が、世界規模で収集し構造化したデータを、複雑な決定に利用できるような実践的管理手法を確立する。このような手法により、プロセスの素早い再構成や資源利用の順序や配置の変更に関する複雑な決定を行い、環境の変化に対して素早く対応できるようにする。
- 不確かで常に変化する特色をもつ知識集約的な組織において、安定を維持し最高の効率をあげる

### 今後10年間の焦点

- 何百もの複雑に相互にやりとりのあるエージェントを含んでいる知識集約型環境のシミュレーションを実施
- 本物の組織的データでシミュレーションの正しさを確認すること(例えばシミュレーションのもとなつている理論が正しいか否かを確かめるためにシミュレータの機能モジュールを本物と比べてみるなど)
- 知識集約的環境むけの新しいリアルタイム情報システムを開発・評価する
- ダイナミックに変化する環境を管理するためのベストな実施方法を識別するために、多くの試みから得られた教訓のカタログを作成する

### 利益

- 組織の機能がより円滑に働く
- 資源の最良利用
- 一定の変化をしている時間区間内で最高の効率が実現される

### 国家優先事項との関係

- 国家と本土のセキュリティ
  - 不安定さや変化を扱うために情報機関を再設計する
- 健康と環境
  - 病院が緊急事態により適切に対処できるよう手助けをする
- 経済的繁栄
  - 組織的生産性の向上

### IT難問分野

- アルゴリズムとアプリケーション
  - 知識集約的環境におけるモデルの変更
- 複雑で異機種よりなるシステム
  - 人間及び機械よりなる資源の急速な再スケジューリングと再構成
  - 組織の階層間における情報の共有と分散型の意思決定

- 高信頼のIT
  - 情報機関にとってデータや情報が安全に保管され、タイムリーに引き出され、安全かつ正確に届けられることが必要
- ハイエンドコンピューティングシステム
  - 情報機関はハイエンドコンピューティングを必要とするような最も厳しい知識管理を必要とする。
- 人の能力増強IT
  - 大規模な知識の蓄積に対して、強化された理解力、強化された現実、協調、視覚化を、適用できるようにすることで、複雑な意思決定を改善する
- 情報管理
  - 規模の拡大にともなって拡張可能な分散処理と分散記憶
- インテリジェントシステム
  - 推論するための協調的な知識発見、検索、説明、統合
  - 情報源、設計、スケジュール、顧客像、プロセスの状態、エネルギー、および地政学に関する知識をどのように収集、説明、共有するのが一番の方法なのか
- ITシステムデザイン
  - 全てが流動状態である中でシステムの安定性と予測可能性を維持する
  - 交渉プロトコルのための最良の仕組み(プラグアンドプレイは未だに夢である)
- ITの有用性
  - 複雑な構造化知識を表示するためのユーザーインターフェース
- IT労働力
  - ワークフローのルールを理解する(ルールが隠れている可能性がある)
- ITの管理
  - 知的財産問題
  - オープンソース問題
- ネットワーク
  - ネットワークを再構成する(人々はいたる所で、使用しながら、また、移動しつつ、ネットワークに接続された装置へのアクセスを必要とする)
- ソフトウェアテクノロジー
  - この新分野には新しいソフトウェア言語等が必要となるであろう。

## 進歩のしるし

- 意思決定の改善
- 締め切りに間に合う
- 変化と安定のバランスをとったり統合したりする。
- より迅速な反応時間



## 4.14 自然言語熟達法の急速な習得

### 数十年計画の ブランド・チャレンジの説明

- 人間の言語習得方法のコンピュータモデルの開発
  - 子供の第一言語習得とその後の他言語の習得方法を理解するために経験的データとともに習得モデリングを利用
  - 言語構造、および人間の認識プロセスへの言語の関わり方についての理解を進展させるため、習得モデリングを利用
- ツールを開発するために最良の習得モデルを利用
  - 言語学習のためのコンピュータ指導システムやコースを開発するため習得モデルを利用
  - 高度機械翻訳や自動言語情報抽出を開発するために、習得モデルから得られる知識を応用する

### 今後10年間の焦点

- 言語習得現象の部分的モデルを開発し、テストする
- 部分的モデルを統合言語習得モデルに組み入れる
- 総合的な自然言語学習モデルを開発するために様々な学習モデルでの実験(強化、進化、集団化、監督など)

### 利益

- 人間がどのように言語や類似したスキルを学習するかということに対するより優れた理解
- より良い指導法—自動的及び人による個別指導の両方
- 移民の堪能な英語力修得を助けるシステム

### 国家優先事項との関係

- 科学及び技術分野におけるリーダーシップ
  - 言語学、認知心理学、人工知能におけるアメリカのリーダーシップを維持
- 国家と本土の安全保証
  - 翻訳装置、言語データマイニング、言語訓練、機密情報収集
- 住民への行き届いた教育
  - 第一言語とのちに習得した言語両方をより効果的に使う
- 活気に満ちた市民社会
  - より優れた人間の言語コミュニケーション

## IT難問分野

- アルゴリズムとアプリケーション
  - 言語と知識とのつながり方、および言語の習得をモデル化する
- 複雑な異機種複合システム
  - ロボットが自然言語の入力に应答
  - 多種言語システム
- 人の能力増強IT
  - 学習障害や言語障害のある人を援助する
  - 母国語以外の言語の習得に問題のある人を援助
- 情報管理
  - 習得モデルをテストするために、許容範囲別言語習得データの大規模コーパスを作成・管理
- インテリジェントシステム
  - 機械学習及び様々な機械学習を言語学習にどのように取り入れることができるかについての知識を深める
  - 大量の構造化されていない人間言語データベースを構造化データベースに変換(検索に成功するため)
- ITの有用性
  - ユーザーの入力に適応するコンピュータインターフェース

## 進歩のしるし

- 人間の世界観が言語によってどのように構造化されるか、また言語がどのように世界観を構造化するかを示すモデルができる
- 言語教育のための、より優れたモデルベースのシステム
- 自然言語データからの情報抽出の向上
- 事実を追跡するデータベース(何を、なぜ、どのように、いつ、どこで、誰が)
- 言語習得モデルとそれらが暗示する言語モデルの産業界による取り込み



## 4.15 シムユニバース(SimUniverse) : 探求による学習

### 数十年計画の

#### グランド・チャレンジの説明

- 世界の様々な状況をシミュレートする相互に連携可能なプラグアンドプレイ型の学習モジュールを用い、何が起きているのかを探ることで、我々の世界やそれを越えた世界を学ぶ
  - モジュールには様々な段階の専門的知識を持ち、様々なユーザーの知識も想定したシミュレーションができる
  - 全ての年齢・専門的知識を持つ人の利用が可能

### 今後10年間の焦点

- 生物学的システム(例えば、血液や消化器系システム)、気候、および惑星システムの取り掛かりとなる問題を扱うモジュール
- 小学校のためのモジュールから、大学院や、生涯学習のためのモジュール

### 利益

- より効果的な学習環境
- 全ての教育機関に安価な資源が入手可能
- 全国におよぶ教育システムを同レベルにする

### 国家優先事項との関係

- 科学及び技術分野におけるリーダーシップ
  - 次世代の研究者や労働者を訓練
- 健康と環境
  - シミュレーションにより、人々が病気の影響や環境への汚染物質の影響をよりよく理解

- 経済的繁栄
  - より優れた教育を受けた市民はさらに社会に貢献
- 住民への行き届いた教育
  - 社会全体がよりよい教育を受けた市民から恩恵を受ける

### IT難問分野

- アルゴリズムとアプリケーション
  - 世界のあらゆるシステムのシミュレーション
- 人の能力増強IT
  - シミュレーションの視覚化
- ITシステムデザイン
  - 頑健な自己進化、自己保全、相互に協調できるモジュール
- ITの有用性
  - 様々なレベルの専門的知識のためのインターフェース
  - インターフェースにではなく、内容との相互作用に費やす時間を最大化
- ソフトウェアテクノロジー
  - 非専門的なユーザーも各自のシミュレーションやモジュールを作成できるようなエンドユーザープログラミング

### 進歩のしるし

- シムユニバースに貢献するモジュールの数
- シムユニバースのユーザーの数
- 改良され標準化された試験結果のスコア
- 科学や技術分野における修士・博士号の取得者の増加
- 新しい科学的発見
- 学術論文の質の向上



## 4.16 全ての人にとっての仮想生涯教師

### 数十年計画の グランド・チャレンジの説明

- ユーザーの知っていることと知らないことを理解し、必要な指導をジャストインタイムで提供する個人教師。ユーザーの学習スタイルや知識レベルに順応し、ユーザー或いは教師により初期設定される。

### 今後10年間の焦点

- ユーザーのモデル(強み、弱点、好みの学習方法)と機械学習のモデルを用いる。それによって、汎用の教師を様々な知識分野や専門知識を得意とするものに修正し、ユーザーの能力やユーザーが生まれたときから必要としている学習についての要求に適合できる教師に修正できるようにする。
- 以下のような項目を識別し取り組み始める。
  - 労働者のための実践的な訓練法。たとえば、初心者から経験を有するユーザーのためのコンピュータスキルの訓練。既に知っている一つの言語で作ったソフトウェアをいくつかの新しい言語で作成する。また、スキルを維持するためのソフトウェアを作成してリフレッシュする訓練。
  - 外国語。例えば、3歳から103歳までの人々にスペイン語を教えることのできる教師を育てる

### 利益

- より良い教育を受けた市民
- より安価に、カスタム化された学習環境を得る。

### 国家優先事項との関係

- 経済的繁栄

- ジャストインタイムで提供される訓練
- よく教育された民衆
  - より良い教育を受けた労働者
- 活気に満ちた市民社会
  - 全ての社会組織がよく教育された市民から恩恵を受ける

### IT難問分野

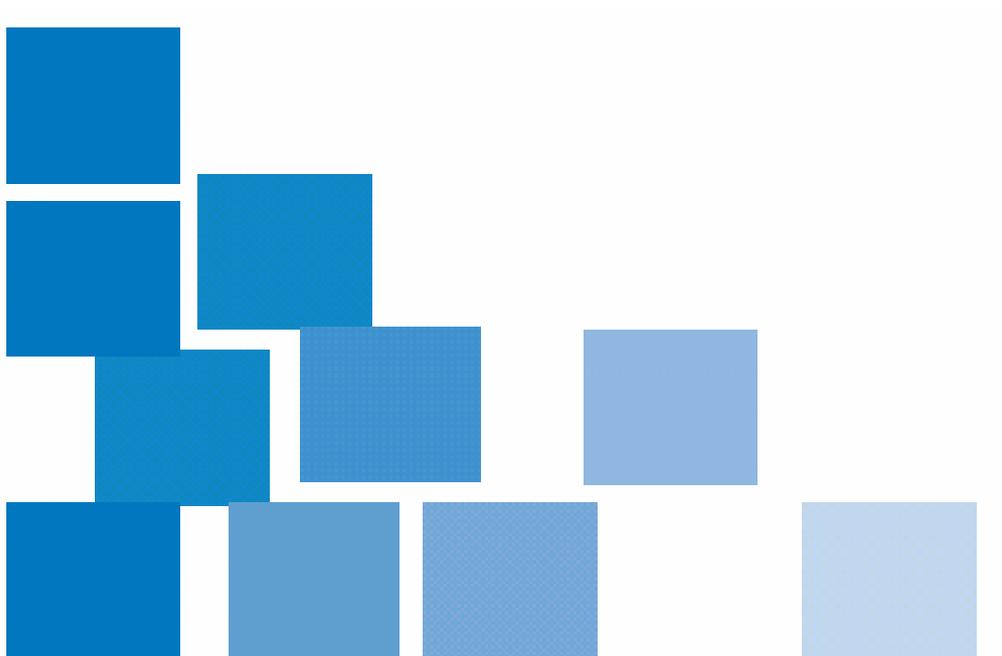
- アルゴリズムとアプリケーション
  - ユーザーモデリング
- 人を強化するIT
  - 状況を認識する情報の提供
- 情報管理
  - 新内容のモジュールの追加
- インテリジェントシステム
  - 人間の認識力の理解
  - 人間言語テクノロジー
- ITシステムデザイン
  - ほとんどユーザーが関与しなくても使える新しいプラットフォームとその教師を進歩させる。
- ITの有用性
  - ユーザーの様々なレベルの専門知識に対し順応性のあるユーザーインターフェース

### 進歩のしるし

- 生産性の向上
- コミュニティ活動への参加の増加
- 他の文化や社会への理解度の向上
- 教育基金への投資収益率の増加
- 教育予算への投資効果(リターン)の増加



# 付 録



## 付録1: IT 難問分野によりカテゴリ分けされた典型的な IT の難問

それぞれのIT難問分野に対し、グランド・チャレンジ作業部会(Task Force)は、一つもしくはそれ以上の典型的なITの難問を確認した。グランド・チャレンジを目指す進歩にはこれらのITの難問に対するブレークスルーか解決策が不可欠である。具体例は第4章のグランド・チャレンジの説明に記してある。

### アルゴリズムとアプリケーション

- モデリングとシミュレーション

### 複雑な異機種混在システム

- 適応性のあるスケジューリングと制御
- 複雑なシステム／新しい動作
- 科学実験やSCADA (supervisory control and data acquisition)システムなどの物理的システムの制御
- 分散型意思決定
- アクチュエーター、センサー、MEMS (Micro Electromechanical System) などを含む組み込みシステム
- ロボット工学

### ハードウェアテクノロジー

- 生物学的テクノロジー
- ナノスケールテクノロジー
- 新たな大規模ストレージテクノロジー
- 量子テクノロジー

### 高信頼のIT

- データと情報セキュリティ
- 高信頼ミドルウェア
- 高信頼オープンソース
- 信頼性
- 安全性
- 認証、証明、バイオメトリックス、認可、暗号化、インターフェース、プロトコルなどを含むセキュリティ
- ソフトウェア保証(アシュアランス)

### ハイエンドコンピューティングシステム

- グリッドコンピューティング
- 超高性能コンピューティングアーキテクチャー、システムソフトウェア、応用ソフトウェア
- 超高性能コンピューティングシステムにおける、生物学、ナノスケール、量子テクノロジーへの利用

### 人の能力を強化するIT

- 認識力の強化とリアリティの強化
- 協調作業テクノロジー
- 視覚化

## 情報管理

- 独立したデータストリームの非同期的な収集と処理
- 性質の異なる分散したデータからの整合のとれたデータベースを作る
- データと情報の管理
- データマイニングとデータウェアハウス構築
- 分散したデータ処理とその保管
- メタデータの作成と利用
- 蓄積

## インテリジェントシステム

- 認識システム
- ITシステムをより知的にする自律的ネットワークと文脈や内容を認識したコンピューティング
- 人間言語のテクノロジー
- 知識発見、表現、とりまとめ

## ITシステムデザイン

- アーキテクチャー
- 優美な進化
- ハードウェアとソフトウェアの協調設計
- 相互運用性
- 蓄積

## ITの有用性

- ユーザーインターフェースを含む人とコンピュータのインタラクション
- ユニバーサルなアクセスを受け付ける能力

## IT労働力

- 非IT専門家が先進ITを使える
- 異なる学問分野間のインタラクション
- IT労働者問題

## ITの管理

- 知的財産問題
- オープンソース問題
- 標準
- 技術移転

## ネットワーク

- アドホックネットワーク／再構成可能ネットワーク
- グリッド
- 移動性
- ネットワークミドルウェア
- ネットワーク管理、信頼性、拡張性
- センサーネットワーク

## ソフトウェアテクノロジー

- プログラミング環境
- プログラミング言語
- ソフトウェア要求エンジニアリング、ソフトウェア開発手法およびツール、ソフトウェアエンジニアリング
- システムソフトウェアとミドルウェア

## 付録 2: HPCC プログラムのグランド・チャレンジ<sup>2</sup>

### NSF (米国国立科学財団)

- 航空宇宙
  - 異なる分野間の協調問題
  - コンピュータサイエンス
  - 機械学習
  - I/O 負荷が問題となるグランド・チャレンジのための並列入／出力(I/O)法
- 環境モデリングと予測
  - 大規模環境モデリング
  - 実験的観察と予測結果の適応型調整
  - 大規模海盆での地震地動モデリング
  - 土地被覆力学のための高性能コンピューティング
  - 大規模・高解像度エコシステムの大規模並列シミュレーション
- 分子生物学と生物医学イメージング
  - 生体分子設計
  - 生物学的研究におけるイメージング
  - 生体分子モデリングと構造決定のためのコンピュータによる先進的研究法
  - 先進コンピュータモデルによる人間の関節機構の理解

- 製品設計とプロセス最適化
  - 原料設計に向けた高度原子レベルシミュレーション
- 宇宙科学
  - ブラックホール連星: 融合と重力波
  - 銀河系や大規模構造の形成
  - 無線合成イメージング

### DOE/SC (米国エネルギー省科学局)

- エネルギー
  - 数学的燃焼モデリング
  - 量子クロモ力学計算
  - 石油貯蔵モデリング
  - 数値トカマク(Numeral Tokamak)プロジェクト
- 環境監視と予測
  - コンピュータ化学
  - 地球気候モデリング
  - 地下水輸送と再生
- 分子生物学と生物医学イメージング
  - コンピュータによる分子構造生物学
- 製品設計とプロセス最適化
  - 有形財産の第一原則シミュレーション

<sup>2</sup> HPCC グランド・チャレンジのリストは以下の出版物に記載: "Evolving the High Performance Computing and Communications Initiative to Support the Nation's Information Infrastructure," Computer Science and Telecommunications Board, National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C., 1995.

#### NASA(米航空宇宙局)

- 大規模構造と銀河形成
- 宇宙論と拡大天体物理学
- 天体物理学における対流性乱気流と混合
- 太陽活動と太陽圏力学

#### NIH(米国立衛生研究所)

- 分子生物学
- 生物医学イメージング

#### NIST(米連邦標準・技術局)

- 製品設計とプロセス最適化

#### EPA(米環境保護庁)

- 大気環境と水質のモデリングの連携

#### NOAA(米海洋大気庁)

- 気候変動予測と天気予報

## 付録 3 : NITRD グランド・チャレンジの著者

科学およびエンジニアリングのための知的環境  
— C.S. Iacono (NSF), W. Bainbridge (NSF)

燃焼改良によるクリーンエネルギー生産 —  
C. Romine (DOE/SC)

高信頼セキュリティシステム —  
G. Koob (DARPA), H. Gill (NSF)

患者の安全と健康の質の改善 —  
J.M. Fitzmaurice (AHRQ)

長期的地域別気候変動のための周知徹底され  
た戦略的計画 — W. Turnbull (NOAA)

ナノスケール科学およびテクノロジー: 分子と原  
子との振る舞いのアンサンブル探求とその利用  
— C. Romine (DOE/SC)

汚染物質の経路および健康への影響の予測  
— S. Fine (EPA)

自然或いは人工的脅威に対するリアルタイムな  
発見、評価そして対応— C. Romine (DOE/SC)

より安全な、より安定した、より効果的な、より高  
い輸送力のマルチモーダル輸送システム —  
E. Lucier (FAA)

デジタル社会への万人参画の結果予想—  
C.S. Iacono (NSF), W. Bainbridge (NSF)

協調的知能: 人間とインテリジェントテクノロジー  
との融合— C.S. Iacono (NSF),  
W. Bainbridge (NSF)

身近な情報から洞察を生み出す —  
M. Pazzani (NSF)

知識集約的ダイナミックシステムの管理 —  
C.S. Iacono (NSF), W. Bainbridge (NSF)

自然言語熟達法の急速な習得—  
L. Reeker (NIST)

シムユニバース(SimUniverse): 探求による学  
習 — J. Scholtz (NIST)

全ての人にとっての仮想生涯教師 —  
J. Scholtz (NIST)

## 付録 4: NITRD グランド・チャレンジ特別委員会連絡先

### AHRQ

#### **J. Michael Fitzmaurice, Ph.D., FACMI**

*Senior Science Advisor for Information Technology, Immediate Office of the Director, Agency for Healthcare Research and Quality*  
540 Gaither Road, Suite 3026  
Rockville, MD 20850  
(301) 417-1227  
FAX: (301) 427-1210  
mfitzmau@ahrq.gov

### DARPA

#### **Gary M. Koob, Ph.D.**

*Program Manager, Information Processing Technology Office, Defense Advanced Research Projects Agency*  
3701 North Fairfax Drive  
Arlington, VA 22203-1714  
(703) 696-7463  
FAX: (703) 696-4534  
gkoob@darpa.mil

### DOE/SC

#### **Daniel A. Hitchcock, Ph.D.**

*Senior Technical Advisor for Advanced Scientific Computing Research, Office of Advanced Scientific Computing Research (OASCR), Department of Energy/Office of Science*  
OASCR, SC-30  
Germantown Building  
1000 Independence Ave., S.W.  
Washington, D.C. 20585-1290  
(301) 903-6767  
FAX: (301) 903-4846  
daniel.hitchcock@science.doe.gov

#### **Charles Romine, Ph.D.**

*Program Manager, Mathematical, Information, and Computational Sciences, (MICS) Division, Office of Advanced Scientific Computing Research (OASCR), Department of Energy/Office of Science*  
OASCR/MICS, SC-31  
Germantown Building  
1000 Independence Avenue, S.W.  
Washington, D.C. 20585-1290  
(301) 903-5152  
FAX: (301) 903-7774  
romine@er.doe.gov

### EPA

#### **Steven Fine, Ph.D.**

*Networking and Information Technology R&D Program Manager, Environmental Protection Agency*  
MD 243-01  
Research Triangle Park, NC 27711  
(919) 541-0757  
FAX: (919) 541-1379  
fine.steven@epa.gov

### FAA

#### **Ernest R. Lucier**

*Advisor on High Confidence Systems, Federal Aviation Administration*  
FAA/AIO-4,  
800 Independence Ave., S.W.  
Washington, D.C. 20591  
(202) 366-0633  
FAX: (202) 366-3064  
ernest.lucier@faa.gov

**Marshall Potter, Ph.D.**

*Chief Scientist for IT, Federal Aviation Administration*  
FAA/AIO-4,  
800 Independence Ave., S.W.  
Washington, D.C. 20591  
(202) 267-9878  
FAX: (202) 267-5080  
marshall.potter@faa.gov

**NCO/IT R&D**

**Edward L. Garcia**

*Contract Program Manager, National Coordination Office for Information Technology Research and Development*  
Suite II-405, 4201 Wilson Boulevard  
Arlington, VA 22230  
(703) 292-4873  
FAX: (202) 292-9097  
garcia@itrd.gov

**Helen Gigley, Ph.D.**

*HCI&IM, HCSS, and SDP Liaison, National Coordination Office for Information Technology Research and Development*  
Suite II-405, 4201 Wilson Boulevard  
Arlington, VA 22230  
(703) 292-4504  
FAX: (202) 292-9097  
gigley@itrd.gov

**Sally E. Howe, Ph.D.**

*Associate Director, National Coordination Office for Information Technology Research and Development*  
Suite II-405, 4201 Wilson Boulevard  
Arlington, VA 22230  
(703) 292-7923  
FAX: (202) 292-9097  
howe@itrd.gov

**Frankie D. King**

*Special Projects Liaison, National Coordination Office for Information Technology Research and Development*  
Suite II-405, 4201 Wilson Boulevard  
Arlington, VA 22230  
(703) 292-7920  
FAX: (202) 292-9097  
king@itrd.gov

**Martha Matzke**

*Senior Technical Writer, National Coordination Office for Information Technology Research and Development*  
Suite II-405, 4201 Wilson Boulevard  
Arlington, VA 22230  
(703) 292-7926  
FAX: (202) 292-9097  
matzke@itrd.gov

**Grant Miller, Ph.D.**

*LSN Liaison, National Coordination Office for Information Technology Research and Development*

Suite II-405, 4201 Wilson Boulevard  
Arlington, VA 22230  
(703) 292-7928  
FAX: (202) 292-9097  
miller@itrd.gov

**David B. Nelson, Ph.D.**

*Director, National Coordination Office for Information Technology Research and Development*

Suite II-405, 4201 Wilson Boulevard  
Arlington, VA 22230  
(703) 292-4873  
FAX: (202) 292-9097  
nelson@itrd.gov

**NIH**

**Michael Marron, Ph.D.**

*Director, Biomedical Technology, National Center for Research Resources, National Institutes of Health*

One Rockledge Center  
6705 Rockledge Drive, Room 6160  
Bethesda, MD 20892-7965  
(301) 435-0753  
FAX: (301) 480-3659  
marron@nih.gov

**NIST**

**Judith Devaney, Ph.D.**

*Group Leader, Scientific Applications and Visualization Group, Mathematical and Computational Sciences Division, Information Technology Laboratory, National Institute of Standards and Technology*

100 Bureau Drive, Stop 8911  
Gaithersburg, MD 20899-8911  
(301) 975-2882  
FAX: (301) 975-3218  
judith.devaney@nist.gov

**Larry Reeker, Ph.D.**

*Senior Computer Scientist, Information Technology Laboratory, National Institute of Standards and Technology*

100 Bureau Drive, Stop 8911  
Gaithersburg, MD 20899-8911  
(301) 975-5147  
FAX: (301) 946-1784  
larry.reeker@nist.gov

**Jean Scholtz, Ph.D.**

*Information Access Division, Information Technology Laboratory, National Institute of Standards and Technology*

100 Bureau Drive, Stop 8911  
Gaithersburg, MD 20899-8911  
(301) 975-2520  
FAX: (301) 975-5287  
jean.scholtz@nist.gov

## NOAA

### **William T. Turnbull**

*Deputy Chief Information Officer and Director,  
HPCC Office, National Oceanic and  
Atmospheric Administration*

Room 9636

1325 East-West Highway

Silver Spring, MD 20910

(301) 713-9600 x133

FAX: (301) 713-4040

Bill.Turnbull@noaa.gov

## NSA

### **George Cotter**

*Office of Corporate Assessments, National  
Security Agency*

9800 Savage Road, Suite 6217

Fort George G. Meade, MD 20755-6217

(301) 688-6434

FAX: (301) 688-4980

ajgrcot@fggm.osis.gov

### **Barbara Wheatley, Ph.D.**

*Office of Corporate Assessments, National  
Security Agency*

9800 Savage Road, Suite 6217

Fort George G. Meade, MD 20755-6217

(301) 688-8448

FAX: (301) 688-4980

bjwheat@fggm.osis.gov

## NSF

### **Frank Anger, Ph.D.**

*Deputy Division Director and Program  
Director, Software Engineering and  
Languages, Computer- Communications  
Research Division, Directorate for Computer  
and Information Science and Engineering,  
National Science Foundation*

4201 Wilson Boulevard, Suite 1145

Arlington, VA 22230

(703) 292-8911

FAX: (703) 292-9059

fanger@nsf.gov

### **William S. Bainbridge, Ph.D.**

*Deputy Division Director and Program  
Director, Information and Intelligent Systems  
Division, Directorate for Computer and  
Information Science and Engineering,  
National Science Foundation*

4201 Wilson Boulevard, Suite 1115

Arlington, VA 22230

(703) 292-8930

FAX: (703) 292-9073

wbainbri@nsf.gov

### **Helen Gill, Ph.D.**

*Program Director,  
Computer-Communications Research  
Division, Directorate for Computer and  
Information Science and Engineering,  
National Science Foundation*

4201 Wilson Boulevard, Suite 1145

Arlington, VA 22230

(703) 292-8910

FAX: (703) 292-9059

hgill@nsf.gov

**C. Suzanne Iacono, Ph.D.**

*Program Director, Information Technology Research (ITR), Directorate for Computer and Information Science and Engineering, National Science Foundation*  
4201 Wilson Boulevard, Suite 1145  
Arlington, VA 22230  
(703) 292-8930  
FAX: (703) 292-9073  
siacono@nsf.gov

**Stephen R. Mahaney**

*Senior Advisor for Budget, Management, and Planning, Directorate for Computer and Information Science and Engineering, National Science Foundation*  
4201 Wilson Boulevard, Suite 1145  
Arlington, VA 22230  
(703) 292-8900  
FAX: (703) 292-9074  
amahaney@nsf.gov

**Michael Pazzani, Ph.D.**

*Division Director, Information and Intelligent Systems Division, Directorate for Computer and Information Science and Engineering*  
4201 Wilson Boulevard, Suite 1145  
Arlington, VA 22230  
(703) 292-8930  
FAX: (703) 292-9073  
mpazzani@nsf.gov

**George O. Strawn, Ph.D. (Grand Challenges Task Force Chair)**

*Chief Information Officer, National Science Foundation*  
4201 Wilson Boulevard, Suite 1145  
Arlington, VA 22230  
(703) 292-8102  
FAX: (703) 292-9084  
gstrawn@nsf.gov

**ODDR&E**

**Steven E. King, Ph.D.**

*Special Advisor for Critical Infrastructure Protection, Information Systems Directorate, Office of the Deputy Undersecretary of Defense (Science and Technology), Department of Defense*  
1777 North Kent Street, Suite 9030  
Rosslyn, VA 22209  
(703) 588-7414  
FA: (703) 588-7560  
Steven.king@osd.mil

**OSTP**

**Simon Szykman, Ph.D.**

*National Science and Technology Council*  
Eisenhower Executive Office Building  
1650 Pennsylvania Avenue, N.W.  
Washington, D.C. 20502-0001  
(202) 456-6054  
FAX: (202) 456-6021  
sszykman@ostp.eop.gov

## 付録5：頭字語と用語集

AHRQ	アメリカ医療研究・品質調査機構
BIRN	生物医学情報科学研究ネットワーク
CAFE	共同的平均燃料経済
DARPA	高等研究計画局
DoD	米国防総省
DOE/SC	米国エネルギー省科学局
EPA	米国環境保護庁
FAA	米国連邦航空局
FACMI	米国医療情報科学カレッジ研究員
Gigabits	ギガビット(1ギガビット=10億ビット)
HCI&IM	人間とコンピュータのインタラクションと情報管理
HEC	ハイエンドコンピューティング
HPCC	高性能コンピュータ技術とコミュニケーション
HVAC	加熱、換気および空気調節
IT	情報技術
ITR	情報技術研究
IWG/IT R&D	情報技術研究開発省庁間ワーキンググループ
LSN	大規模ネットワーク
Moore's Law	ムーアの法則(チップの大きさ、パワー等が変わらないままコンピューティング性能が18ヶ月ごとにほぼ倍になるとする法則)
MTTR	平均復旧時間
NCO/IT R&D	情報技術研究開発国家調整局
NEES	地震工学シミュレーションネットワーク

NIH .....	米国国立衛生研究所
NIST .....	米国連邦標準・技術局
NITRD .....	ネットワーキング及び情報技術研究開発
NOAA .....	米国海洋大気庁
NOx .....	オゾン
NSA .....	米国国家安全保障局
NSF .....	米国国立科学財団
NSTC .....	国家科学技術委員会
NVO .....	米国仮想天文台
ODDR&E .....	米国防総省理事、防衛研究と技術オフィス
OSTP .....	科学技術政策局
PARS .....	人間、エージェント、ロボット、センサー
R&D .....	研究開発
SCADA .....	遠隔データ収集システム
SDP .....	ソフトウェア設計と生産性
SPARC .....	宇宙物理航空学研究協力機構
Teraops .....	兆回／秒の演算
UARC .....	上層大気研究協力機構
UAV .....	無人航空機

グランド・チャレンジ特別委員会委員長  
George O. Strawn, NSF

編集長  
Sally E. Howe, NCO/IT R&D

編集人  
Frankie D. King, NCO/IT R&D

## 謝 辞

この冊子は幅広い科学コミュニティと共に、ネットワーキング及び情報技術研究開発(NITRD)グランド・チャレンジの形成に対する総合的な公的洞察を共有するために作られたものである。この冊子を印刷することができるにいたったのは、多くの人々の何ヶ月間ものグランド・チャレンジ活動への貢献のおかげである。

まず、特別委員会委員長と編集者たちは、普段の仕事量を大幅に超える時間・労力を捧げた2003年グランド・チャレンジ特別委員会メンバーに特別にお礼を申し上げたい。彼らの不断の貢献はこの冊子に対するだけでなく、また科学と技術の発展に対する献身の反映である。

さらに、この冊子をデザインし、レイアウトを校正し、印刷管理を監督してくださったNoesis-Inc.のNicole Aushermanにお礼を申し上げる。

最後に、この冊子の批判、編集、査読に貢献したNCOの同僚、特にHelen Gigley, LaShante Jenkins, Martha Matzke, そしてGrant Miller にお礼を申し上げる。

## 著作権

この著作は米政府によるものであり、よって公共の所有するものである。自由に分配・印刷をすることができるが、情報技術研究開発国家調整局(NCO/IT R&D)にその旨お知らせ頂くようお願いする。



## 情報技術研究開発国家調整局

Suite II-405  
4201 Wilson Boulevard  
Arlington, Virginia 22230  
(703) 292-4873

Email アドレス : [nco@nitrd.gov](mailto:nco@nitrd.gov)  
Web アドレス : <http://www.nitrd.gov>