



総予測

21世紀の 技術革新

牧野 昇 江崎玲於奈 編著



総予測 21世紀の 技術革新

牧野 昇 江崎玲於奈 編著

工業調査会

牧野 昇（まきの のぼる）

1921年栃木県生まれ。44年東京帝国大学卒業、49年同大学院修了。

東京大学講師、三菱製鋼取締役を経て、現在、三菱総合研究所相談役、明治生命フィナンシャルランス研究所所長。

主な著書、『製造業は強い』『産業憂国論』『日本これから100年』『衰亡と繁栄』『日本経済 いま』など多数。

江崎 玲於奈（えさき れおな）

1925年大阪府生まれ。47年東京大学理学部物理学科卒業。

56年東京通信工業（現ソニー）入社。60年渡米、米IBMワトソン研究所主任研究員などを歴任。筑波大学学長などを経て、現在、芝浦工業大学学長。

73年ノーベル物理学賞受賞、74年文化勲章受章、98年日本国際賞受賞、勲一等旭日大綬章受章。

主な著書、『個人人間の時代』『個性と創造』『創造力の育て方・鍛え方』など多数。



総予測 21世紀の技術革新

編著者 牧野 昇
江崎玲於奈



2000年11月10日 初版第1刷発行

発行者 志村 幸雄

発行所 工業調査会

〒113-8466 東京都文京区本郷2-14-7

TEL 03-3817-4736（出版部）・03-3817-4706（販売部）

FAX 03-3817-4749・振替 00180-1-123234

URL <http://www.ijnet.or.jp/kocho/>

印刷製本 美研プリンティング株式会社

カバーデザイン 神本 暁

© Kogyo Chosakai Publishing Co., Ltd.

ISBN4-7693-6135-1 C2034

日本書籍出版協会会員・自然科学所協会会員・工書書協会会員

【R】＜日本複写権センター委託出版物・特別扱い＞

本書の無断複写は、著作権法上での例外を除き、禁じられています。

本書は、日本複写権センター「出版物の複写利用規程」で定める特別許諾を必要とする出版物です。

本書を複写される場合は、すでに日本複写権センターと包括契約されている方も事前に日本複写権センター（電話03-3401-2382）の許諾を得てください。

目次

刊行にあたって 1

総論

テクノロジーノベーシヨンの時代——20世紀から21世紀へ 9

変革期の創造力——21世紀の科学技術 22

技術予測

- | | | | |
|------------------|----|-----------------|-----|
| 1. 半導体デバイス | 37 | 7. 情報家電 | 98 |
| 2. 光テクノロジー | 51 | 8. モバイル技術 | 111 |
| 3. フラットパネルディスプレイ | 60 | 9. マイクロマシン | 124 |
| 4. コンピュータ・AI | 74 | 10. ロボット技術 | 140 |
| 5. パーチャルリアリティ | 81 | 11. 生産システム・加工技術 | 152 |
| 6. 次世代インターネット | 91 | 12. 先端高分子材料 | 171 |

22	21	20	19	18	17	16	15	14	13
二次電池	新エネルギー技術	環境技術	エコマテリアル	光触媒技術	機能構築微粒子	超電導技術	インテリジェント材料	ファインセラミックス	光機能高分子
296	286	272	262	252	237	221			177
							204	194	

31	30	29	28	27	26	25	24	23
海洋開発	宇宙技術	ITS	バイオエレクトロニクス	細胞工学	遺伝子工学	福祉機器技術	電気自動車	燃料電池
389	380	366		349	339	329	318	310
			357					

刊行にあたって

人類はいま、世紀と世紀を分ける時代の転換点に立ち、新しい世紀の幕開けに胸を膨らませている。振り返って、20世紀はトランジスタ、コンピュータ、ナイロン、ペニシリン、ジェットエンジンなどの発明に象徴されるように技術突破（ブレイクスルー）型の新技術・新製品が相次いで登場し、人類はその恩恵にあずかってきた。「発明の世紀」とか「技術革新の世紀」と呼ばれるゆえんである。

これに対して、いまスタートを切ろうとしている21世紀は、資源、エネルギーなどの面で制約が生じるとともに、少子・高齢化現象が進み、環境、福祉などの問題がクローズアップされるものと思われる。しかしそれと同時に、科学・技術分野では、これらの諸問題に対する技術的対応を含めて、20世紀を上回るようなさまざまなイノベーションが起こり、われわれの日常生活や産業社会を大きく塗り変えていくものと考えられる。文明史家のルイス・マンフォードは、過去1000年の歴史を技術の発展段階から「原技術期→旧技術期→新技術期」の3つに分けてとらえているが、これからの1000年は技術がより高レベルや極限値に進化する「超技術期」と位置付けることができる。

近年の技術革新の展開は、しばしば時間論的な見地から論じられる。情報技術（IT）革命の目まぐるしい進展を、人間の寿命の7倍の速さで消化する犬になぞらえて「ドッグイヤー」と呼ぶのはその表われである。同じような現象がバイオテクノロジーなどの技術分野でも起きるに違いない。その意味でも技術の方向性や進度を示す技術予測は重要になってくる。

本書は、このような状況を踏まえながら、21世紀の技術革新の方途を編著者の牧野昇、江崎玲於奈両氏に展望していただくとともに、有望技術分野31項目を選び出し、日本を代表する専門家の諸先生にできるだけ具体的に予測していただいた。予測のタイムスパンは21世紀初頭（2020年頃まで）としたが、もちろんそれにこだわっていない。

読者対象は、企業の技術開発部門はもとより、企画部門、販売部門、学生など広範な層を対象とし、そのため記述はできるだけ平易になるよう配慮した。また、特殊な専門用語や新語については欄外に簡単な説明を加えた。

技術は経済を興し、経済は国を興すと言われる。読者各位におかれては、本書を通して来るべき1000年を展望し、かつ自らの活動の指針の書として活用されんことを心より期待したい。

2000年10月

工業調査会

目次

刊行にあたって 1

総論

テクノロジーノベーシヨンの時代——20世紀から21世紀へ 9

変革期の創造力——21世紀の科学技術 22

技術予測

- | | | | |
|------------------|----|-----------------|-----|
| 1. 半導体デバイス | 37 | 7. 情報家電 | 98 |
| 2. 光テクノロジー | 51 | 8. モバイル技術 | 111 |
| 3. フラットパネルディスプレイ | 60 | 9. マイクロマシン | 124 |
| 4. コンピュータ・AI | 74 | 10. ロボット技術 | 140 |
| 5. パーチャルリアリティ | 81 | 11. 生産システム・加工技術 | 152 |
| 6. 次世代インターネット | 91 | 12. 先端高分子材料 | 171 |

22	21	20	19	18	17	16	15	14	13
二次電池	新エネルギー技術	環境技術	エコマテリアル	光触媒技術	機能構築微粒子	超電導技術	インテリジェント材料	ファインセラミックス	光機能高分子
296	286	272	262	252	237	221			177
							204	194	

31	30	29	28	27	26	25	24	23
海洋開発	宇宙技術	ITS	バイオエレクトロニクス	細胞工学	遺伝子工学	福祉機器技術	電気自動車	燃料電池
389	380	366		349	339	329	318	310
			357					

執筆者一覧（執筆順）

牧野 昇（まきの のぼる）

江崎 玲於奈（えさき れおな）

三菱総合研究所・相談役

芝浦工業大学・学長

渡辺 久恒（わたなべ ひさつね）

荒川 泰彦（あらかわ やすひこ）

内田 龍男（うちだ たつお）

松原 仁（まつばら ひとし）

廣瀬 通孝（ひろせ みちたか）

村岡 洋一（むらおか よういち）

三木 弼一（みき すけいち）

阪田 史郎（さかた しろう）

生田 幸士（いくた こうじ）

菅野 重樹（すがの しげき）

伊東 誼（いとう よしみ）

由井 浩（ゆい ひろし）

山岡 亜夫（やまおか つぐお）

柳田 博明（やなぎだ ひろあき）

高木 俊宜（たかぎ としのり）

田中 昭二（たなか しょうじ）

小石 真純（こいし ますみ）

日本電気株式会社研究開発グループ・支配人

東京大学先端科学技術研究センター・教授

東北大学大学院工学研究科電子工学専攻・教授

はこだて未来大学情報アーキテクチャ学科・教授

東京大学先端科学技術研究センター・教授

早稲田大学理工学部情報学科・教授

松下電器産業株式会社・常務取締役

日本電気株式会社ヒューマンメディア研究所・所長

名古屋大学大学院工学研究科マイクロシステム専攻・教授

早稲田大学理工学部機械工学科・教授

学際X革新研究センターe.V. ミュンヘン、東京工業大学名誉教授

早稲田大学材料技術研究所・客員教授

千葉大学工学部画像工学科・教授

財団法人フラインセラムミックスセンター試験研究所・所長

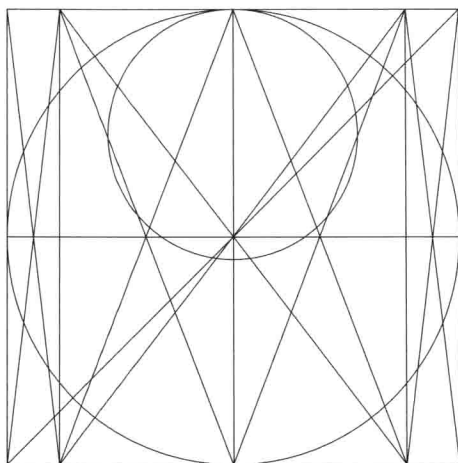
広島工業大学・総長

超電導工学研究所・所長

東京理科大学基礎工学部・教授

- 竹内 浩士（たけうち こうじ）
工業技術院資源環境技術総合研究所温暖化物質循環制御部光利用研究室・室長
- 八木 晃一（やぎ こういち）
科学技術庁金属材料技術研究所第2研究グループ・総合研究官
- 厨川 道雄（くりやがわ みちお）
工業技術院資源環境技術総合研究所・所長
- 水野 光一（みずの こういち）
工業技術院資源環境技術総合研究所環境影響予測部・部長
- 指宿 堯（いぶすき たかし）
工業技術院資源環境技術総合研究所統括研究調査室
- 富永 衛（とみなが まもる）
工業技術院物質工学工業技術研究所・基礎部長
- 荒川 裕則（あらかわ ひろのり）
京都大学大学院工学研究科物質エネルギー化学専攻・教授
- 小久見 善八（おぐみ ぜんぱち）
山梨大学工学部化学生物工学科・教授
- 渡辺 政廣（わたなべ まさひろ）
慶應義塾大学環境情報学部・教授
- 清水 浩（しみず ひろし）
東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻・教授
- 土肥 健純（どひ たけよし）
東京農工大学工学部生命工学科・教授
- 松永 是（まつなが ただし）
北陸先端科学技術大学院大学材料科学研究科機能科学専攻・教授
- 民矢 栄一（たみや えいいち）
東京大学国際・産学共同研究センター・センター長
- 軽部 征夫（かるべ いさお）
慶応大学理工学部管理工学科・教授
- 川嶋 弘尚（かわしま ひろなお）
宇宙開発事業団・理事
- 三浦 秀一（みうら しゅういち）
工業技術院資源環境技術総合研究所
- 清野 文雄（きよの ふみお）

総論



テクノイノベーションの時代——20世紀から21世紀へ

牧野 昇

80年代は日本が生産技術で成長の覇者となり、90年代はアメリカが情報技術で世界の経済を制した。今後の成長を支える技術力のレベルはどうか。今後の技術革新はどのような方向をとるか。基本的潮流をさぐっていききたい。

●豊さを生むテクノイノベーション

国の豊かさ・貧しさと国の好況・不況とは違ったものである。前者は個人金融資産、海外資産、住宅所有率、失業率、海外援助額、外貨準備高、債権額、国際収支額などで示される。これは日本がどれをとっても世界のトップクラスである。

“豊か”なのである。世界ブランド協会（1998年統計）の発表によると、高級ブランド品の売上額は、欧米諸国は横這い、アジア微減に比べ、日本はなんと2割増加という。丸ノ内オフィス街にも、ここ2年くらいで、有名ブランドの店が十数軒も店を開いた。プラネタリウムの設置台数にしても、ドイツとフランスは数台であるのに、日本は100カ所をはるかに超える。プラネタリウムのメーカーは、世界の1位、2位が日本の会社であり、ダントツの製作台数を誇る。ハコ物王国日本を象徴している。

失業率も4%台後半が続いており、アメリカこそ4%台前半だが、ドイツ、フランス、イタリアはともに10%を超

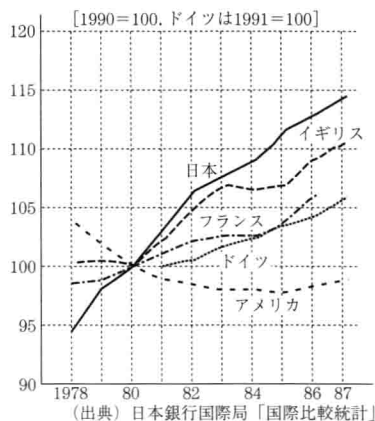


図1 各先進国の賃金指数の推移

えている。私の娘の家にドイツからの知り合いの学生がホームステイしていた。「日本は不況と考えられない。街を歩いていて浮浪者が少ない」という。

一方、後者の好況・不況は、前年度比のGDP（国内総生産）の“伸び率”で判定される。豊かさはストックで決まり、好況はフローで判定されるといってよい。アメリカのGDP成長率は3〜5%で、ヨーロッパの2%、日本の1%の水準に比べると、断然好況であるが、皮肉なことに、各先進国の賃金指数推移（日本銀行国際局「国際比較統計」）をみると、図1に示すように1990年を100として、1997年の賃

金指数は、日本114、イギリス110、フランス106に対して、アメリカは98と著しく低く、年と共に貧乏になっている。アメリカの異常値は、サービス産業化が進む中で、アメリカの特徴である自動車労働組合をはじめ強固な製造業の組合が高賃金を支えてきたが、サービス産業化が進んで低賃金へと移行してきたことも一因であろう。

総体的に述べると、日本は「豊かさの中の不況」といってよいだろう。小渕首相（当時）も、ブッチホンをかけてこられて、「牧野さんのいう豊かさの中の不況という言葉を使いたいので、原作者に挨拶しておきたい」と言われて、国会演説でもこの言葉を使っておられた。

日本のこの豊かさをつくり上げてきたのは、「科学技術の寄与」によるものであり、工業化社会の主役である。製造業の強さや豊かさを支えてきたといえる。MIT（マサチューセッツ工科大学）の産業生産性調査委員会が80年代末に各国の産業を調査・分析して名著「Made in America」を出版した。

その第1頁の冒頭に「一国の繁栄は、その国の優れた生産力にかかっている」と書かれている。しかし、現在は10年前と違い、生産力とは、ハードウェア（物）のみでなく、ソフトウェア（知性）やヒューマンウェア（感性）がハイブリッド（複合）した生産物を対象と考えてよいだろう。

日本の「豊かさ」は経済ストックで象徴され、広い意味での過去の生産技術の優秀さが産み出したものである。現状の不況は、最近の新しい技術変化への立ち遅れにあるとみられる。90年代にみる日本の不況は、バブルの崩壊という経済現象が最も大きな原因であるが、産業における問題は、オールド型からニューエコノミー型産業下の構造転換のぎこちなさにもあった。

80年代におけるアメリカの衰退は、日本の工業技術に打ち破られたことにあるとすれば、90年代における日本の衰退は、情報技術の応用における遅れが大きな要因であったとみてよいだろう。

シムペーターが述べたように、企業の成長機会は「イノベーション」によって産まれるものである。イノベーションは、正確にいうと技術革新のほかに、市場革新や組織革新も含まれるのであるが、歴史をたどってみても技術革新の役割が大きいし、一般にイノベーションは技術に特化して考えられている。

技術革新にしばって、21世紀に向けての日本の技術力、新技術の誕生などをさぐっていききたい。

● 21世紀に向けての日本の技術力評価

日本の総合的国力の国際評価は、ここ3、4年かなり低下を続けている。IMD（スイス国際経営研究所）の評価による総合ランキングで日本は、1998年は16位であり、96年の4位から、9位、16位と年ごとに評価を落としている。

しかし、納得したい点もみられる。例えば、企業経営では26位に評価を下けているが、「終身雇用」や「年功序列」が、ネガティブ評価としてマイナス評価されている。これについてはトヨタの奥田会長が不合理性を指摘している。企業の経営は国の文化や伝統に根ざしているもので、アメリカ型標準で比較するのはスジ違いといえる。

だが、科学技術の項目についてはIMDでも、アメリカ1位、日本2位という位置づけであり、科学技術についての日本の優位さは国際指数で不動である。

アメリカ競争力評議会（AMO）によると、「技術革新指数」で日本は1位を続け、スイスが2位、アメリカは3位である。特許出願数、研究開発費や技術開発政策などのデータで評価されている。この順位はややアメリカに厳している評価とみられるが、警告的な意味合いも含んでいるかも知れないという。

もうすこし詳しくデータを比較してみよう。まず「科学研究費」。日本は対GNP比は2・87%である。第2位のアメリカは2・59%であり、ここ数年間日本が常に上位を維持している。ただ研究費支出をみると、日本は他の先進国に比べ民間のウェイトが高い。軍需関連費の少ないことも一つの理由である。研究の成果として、とくに注目すべきことは、アメリカ国内特許取得である。98年のアメリカ国内特許取得数トップ10社のなかで、日本企業が7社入っており、この傾向はここ数年変化していない。

技術貿易も注目すべき改善がみられる。日本の統計を総括している総務庁の統計によると、技術貿易は長い間赤字を続けてきたが、1991年度に輸出入は均衡した。技術輸出と技術輸入の比が98年度に2・13まで上昇した。アメリカは95年4・25、ドイツは97年0・85で、日本はアメリカに次ぐ技術輸出国の位置づけとなる。国別の技術輸出は、従来増加傾向にあったアジア向けが減って、逆に北米向けが大幅に増加した。輸出金額は、輸送用機械工業、化学工業、電気機械工業の3業種で全体の87%を占めている。