

粘り強くリレーで技術を維持培養する 北米の社会経済ネットワーク

2020 年 3 月

一般財団法人 機械振興協会 経済研究所

粘り強くリレーで技術を維持培養する 北米の社会経済ネットワーク

2020 年 3 月

一般財団法人 機械振興協会 経済研究所

著作権は機械振興協会経済研究所にある

委員会は設置せず、報告書は経済研究所（井上弘基）にてとりまとめた

目次

はじめに： 日本の技術が開花しづらい基盤をめぐって	1
1. ニューラルネットと量子コンピュータ事例観察	3
2. 技術を萌芽から開花まで支えた「民間非営利資金」	11
おわりに：「基金」の時代一次世代的な米国式軍用投資ファンドにも挟まれて	15
参考文献	21

* 調査としては業界・政府関係向け提言等と、それとは別に研究的方面の調査と、2方面があり、今回は後者向けのモノグラフであり、学会等に向けるものの一環となる(井上)。

はじめに： 日本の技術が開花しづらい基盤をめぐって

なぜ日本は、「ニューラルネットワーク」（機械学習 AI）や、「量子コンピューティング」において世界に注目される、基幹要素的な考案や技術で成果を挙げたにもかかわらず（後述）、それが商用化される部分では強くないのだろうか。

2017 年度調査報告書『アメリカンイノベーションにみる軍=学=ベンチャーの突破力』（2018 年 3 月）では、インターネットはもとより、GPS、CDMA 携帯無線、AI などに触れながら、米国の軍と国家政策が、1990 年代以降に世界大の独占を果すベンチャーが育つ「土台」（プラットフォーム）を用意していった内実を吟味した。

だが問題やヒントは、米国「軍産学」連携だけで終りにはならない。軍や政府だけが世界大のベンチャーをもたらすわけではない。当然、ベンチャーキャピタル（VC）なども注目されるわけだが、その前段階にも問題があり、技術がベンチャー化寸前になるところまで、途中死しないよう、育てられねばならない。

結論を先回りするようだが、それには社会が、多様・多元性を擁して、「捨てる神あれば拾う神あり」状態になっていなければならないだろう—というのが、出発仮説である。また、そのような多様性・多元性をもたらしている諸要因のうち、着目すべき操作点は何だろうか。

「おわりに」では、米国の政府・軍の動きが、示しつつある新たな段階～方式の態様の含意に触れ、日本としての対応が求められる点を示唆するが、そこにも小稿本文での結論が関係してくることになる。

なお小稿は事例観察モノグラフである。上掲問題の根は深く、かつ複雑であって、小稿指摘は論点の一つに過ぎない。問題は I T 系に限らず、温暖化ガス排出抑制の諸技術等にも妥当しかねない勢いに、世界はなっている点に留意されたい。

1. ニューラルネットと量子コンピュータ事例観察

今日もっとも注目されているニューラルネット（機械学習 AI の一方式）、量子コンピュータをめぐり、収穫を刈取れない日本に対して、カナダのような国がなぜ注目されるに至ったか、それを支えた根本基盤を探りたい。

まずニューラルネットと量子コンピュータ関連技術の主要経緯は以下のとおり。

ニューラルネット（NN）中心の概略年表

<前史は略>

技術（考案）的成果		環境、プロジェクトなど	
1956年	ダートマス大学サマーキャンプにて「人工知能」を“イシュー”に（ダートマス会議）		
1957年	フランク・ローゼンブラット 「パーセプトロン」考案	1963～、ARPA、「プロジェクトMAC」	
1967年	<u>甘利俊一</u> 多重パーセプトロンの確率的勾配降下法 (→後のバックプロパゲーション、1986年へ)	当時、九大 助教授。のち東大、理研など 論文は「作行会」財団の支援あり (作行会財団1961～1983→後の本田財団)	
1969年	ミンスキーら、論著「パーセプトロン」 (単層パーセプトロンの限界)		
→<第1次 AIの冬へ。10年ほど>			
		1971～76年、DARPA音声認識 AIプロジェクト (NN含め、AIを粘り強く支援)	
		1976～79年（補助期間）:通産省「超LSI計画」	
1979年	<u>福島邦彦</u> 「ネオコグニトロン」 (→後の畳込みNNへ) 位置ずれを伴うパターン認識のための神経回路網	当時、NHK放送技研（基礎部）→のち阪大 基礎工学	
		1979～88: 米3軍合同、「VHSIC計画」	
1982年	ホップフィールド（スピン物理等。CALTECH） いわゆる「ホップフィールド・ネットワーク」 (連想型NN、および非同期並列処理LSI)	<u>1982: カナダCIAR非営利財団創立 →<後述></u> 1983～95の12年間: CIAR “AI, Robotics”プロジェクト	
<AI: エキスパートシステムの大ブーム>		1982～92の10年間: 通産省「第五世代コンピュータ」	
(AIの中でNN等コネクショニストは劣勢)		1984～88: DARPA, Strategic Computing Initiative	

1985年	ヒントンの「制限ボツルマン・マシン」発案	ヒントン（英・米2重国籍） （1982～87年：カーネギーメロン大、助教授）
1986年	ラメルハート、ヒントンら 死活的考案であるところの 「バックプロパゲーション」 （ 誤差逆伝播法 ） （←1967年、甘利が先駆）	
1987～89	畳込みNN（CNN）が活発に試みられる （←1979年、福島が先駆）	ヒントン→1987年カナダ・トロント大学教授へ （米国籍離脱→英・カナダ2重国籍へ） ルカンがポストドクとして仏からヒントン研へ
＜1990年代～：AI自体は 世界的には下火に＞ （インターネット、大ブーム）		1992～2002年：通産省 「リアルワールドコンピューティング計画」 （インターネット活用は後付けのみ） （1994～： Amazon前身会社創業） （1998～： Google創業） （2000年： インターネットITバブル、一旦、破裂） （2004～： Facebook創業） （2005～： YouTube創業） （2006～： Google、YouTubeを買収） （→画像データの巨大集積）
2006年	ヒントンら 「積層自己符号化器」（スタックト・エンコーダ）提唱 →データ次元の削減技術 →DNN式AIの一応の完成	
＜3度目のAIブーム＞		
2012年	ヒントン研究室チーム 画像認識国際大会（Image-NET）で世界断トツ・トップ	Google、Facebook、Amazon、即座に動く →カナダに研究所設立など、人材争奪戦
→A I の世界的ブームへ		2015/16年～：産総研AIほか3省連携 AIプロジェクト

量子コンピュータ（ゲート式、アニーリング式）中心の概略年表

<前史は別述>

技術（考案）的成果	環境、プロジェクトなど
1958 <u>江崎玲於奈</u> トンネルダイオード	
1962 ジョセフソン、超伝導素子	1980年代、IBM、ジョセフソンコンピュータ断念 1981-89年、通産省「科学技術用高速計算システム」等
1980～85年 ベニノフ、ファインマン、ドイッチュら 個々に「量子チューリングマシン」等の可能性	
1991年 <u>中村泰信、蔡兆申ら</u> 「単一電子トランジスタ」等の研究	当時NEC基礎研。のち前者→東大、後者→東京理科大へ
1994 Shore（ベル研）アルゴリズム 素因数分解→暗号解読可能性	
1995 Shore 量子エラー訂正アルゴリズム	
1998 <u>西森秀稔、門脇正史</u> 超伝導量子アニーリング	1999 年、 <u>カナダ D-Wave Systems 設立</u> Geordie Rose, Eric Ladizinsky ら Rose: プリティッシュコロンビア大学スピンオフ Ladizinsky: TRW→Northrop Grumman (DARPA プロ担当) 主な出資: In-Q-Tel (IQT)、Bezos Expeditions, Goldman
2003 <u>中村泰信ら</u> 超伝導 磁束量子ビット（量子ゲート）	2007 年、D-Wave デモ機、28 量子ビット 2011 年、 <u>商品として D-Wave One 発表</u> →Lockheed Martin へ <u>超伝導 量子アニーシングマシン 128 磁束量子ビット</u> 2012 年、D-Wave Two、512 量子ビット 2015 年、D-Wave 2X、1000 量子ビット→NASA, Los Alamos 等 2019 年、D-Wave 2000、2048 量子ビット→国家核安全保障庁 2020 年、D-Wave、5000 量子ビット級出荷予定 2019 年、 <u>Google-UC Santa Barbara</u> <u>量子超越(quantum supremacy)達成と発表</u> <u>54qubit, 超伝導 量子ゲート方式</u> IBM、批判

＜ニューラルネットワーク＞

今の世界的 AI ブームに最終的に火を点けたのは、2012 年のカナダ・トロント大学のヒントン(Geoffrey Hinton)研究室チームによる、画像認識国際大会 Image-Net での圧倒的進歩（誤認識率の低さ）であった¹。その後もグーグル等による長足の進歩が続いているが、ここが発火点であった²。機械学習式 AI の中でも、視神経にモデルを採った形式ニューロンの発案から、徐々に進歩したニューラルネットワーク（NN）式の AI を活用したもので、多層ニューロンを使うことから深層 NN（Deep NN）と呼ばれる方式による成果だった。

この NN 技術で最大のブレイクスルーだったと言われる誤差逆伝播法（バックプロパゲーション）は、1986 年のラムエルハート、ヒントンの発表が世界的に著名だが³、ほぼ 20 年も先行して 1967 年に甘利が、その原型を発案している⁴（年表参照）。また、NN にもさまざまな処理アルゴリズムがあるが、画像・文字等の学習・認識に適するものとして畳込みニューラルネット(CNN: Convolutional NN)があり、1987～89 年頃にヒントンらを含めて複数の研究事例が発表された。だがこれも、ほぼ 10 年も前の 1979-80 年に、福島によるネオコグニトロン（位置ずれを伴うパターン認識用神経回路網）の考案がなされている⁵。このように NN 式 AI に限っても、末節の要素では済まされない基軸部分でのブレイクスルーが、日本の研究者によって、世界に先駆けて、複数発案されている（代表例のみ）。

にもかかわらず、今日時点での結果はどうか？ 2015～16 年に日本政府、とくに経済産業省、文部科学省、総務省（旧郵政省）は、大々的な AI プロジェクトを立上げ、劣勢挽回に懸命である。それは日本に限ったことでなく、米欧中など各地の政府セクターにおいても同様で、世界的動向となっている。しかし世界に先駆けていた日本で今さら、劣勢挽回になるのか？ 当時、AI としてどの方式が優れているか、充分評価できなかったのは諸外国も同じである。ここでは略すが、NN 等 AI は、成果が社会的に実用になるまで、基軸的技法のほかにもさまざまな要素を組上げて、ある種の体系（システム）にまで仕立てなければ、評価そのものがまとまらない。全体ができ、その中に位置づけられて、初めて要素も評価される。

¹ 2012 年、Image-Net による Large Scale Visual Recognition Challenge コンテストで、ヒントンのチームの画像認識誤差が、「圧倒的に低い」という世界トップ成績を実証

² IBM による 1997 年 Deep Blue でのチェス戦勝利、2011 年同社の質疑応答システム「ワトソン」でのゲーム大会勝利など、広義のある種 AI 的なシステムは、着実に注目を集めるようになっていたが、その延長だけでは（記号处理的な限界があるなど）NN がもたらしたようなインパクトはもたらし得なかった。

³ Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., and Williams, R. J. (1986) Learning representations by back-propagating errors. *Nature*, 323, 533-536.

⁴ Shun-ichi Amari (1967). Theory of adaptive pattern classifiers. *IEEE Transactions EC-1*: 299-307

⁵ Fukushima, Neocognitron (1980). A self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position. *Biological Cybernetics* 36 (4): 93-202

であればさまざまな要素提案が、途中死することなく、諸技術と組合わされていく、粘り強い試行錯誤期間が欠かせない。そうした懐の深い社会を誰が提供できたか。

ヒントンのブレイクスルーはトロント大学（オンタリオ州）の名前で行っている、単に一つの大学の成果のように取られがちだが、実は同大学という以上に、CIFAR（当時 CIAR）という、大学とも異なった非営利研究組織の存在が決定的に重要であった。

CIFAR(Canadian Institute For Advanced Research)、あるいは当初の略称 CIAR(Canadian Institute for Advanced Research)は、1982 年創立で、コンセプト発案はトロント大学総長からであり、今も本部はトロントに在る⁶。CIFAR では、社会的「イシュー」を立て、その実現や解明のためのテーマを識別して、その進展に向けて、同大の研究室に限らないかたちでカナダ各地の大学研究室を結集させ、さらに、これはという世界の研究者にもプロジェクトへ招聘参加してもらい、テーマは多くの領域・分野を複数横断するインターディシプリナリなかたちで立てる。CIFAR は、そうした構想を実現するために、あえてトロント大の外部に、自立的なかたちで設立された。

その注目すべき第 1 ポイントは、CIFAR の歳入構成である。つまり CIFAR の、さらに背景にあったのは、私的・非営利財団、正しく言えばその中でも「助成財団」(private, grant-making foundations)と呼ばれる法人ないし人格なき基金や、富裕層の篤志家などであった。今日の CIFAR は、ヒントンの成功を受けて、連邦政府の「全カナダ AI 戦略」司令塔に位置づけられ、予算は 2010 年代後半から急増し、2019 年歳入出 4670 万カナダドル（40 億円弱／年）に膨らんだ。今や 8 割ほどは連邦と州の政府からの収入となり、私的財団はわずか 6%、ほか企業や個人等からという構成になっている。だがそれは“成り上がった今日の姿”でしかない。創立から 5 カ年に、関係者が奔走しながら集めた約 850 万カナダドル（7 億円強）のうち、7 割弱は民間からで、うち企業や富裕層個人から半分強、民間財団から半分弱（全体の 3 割）だった。政府資金は、連邦とオンタリオ（トロント所在）、ケベック（モントリオール所在）、ブリティッシュコロンビア（バンクーバー所在）、アルバータの各州政府を合せて 3 割でいど。民間財団と中央・地方政府はほぼ同額を出して拮抗し、企業や個人寄附を含めれば民間拠出は上のように 7 割にも達した⁷。

トロント大学（州立）の発案であったにもかかわらず、民間資金を 7 割も集めることができたカギは、私的助成財団と富裕層個人にあった（企業の多くは自社事業関連）。具体的

⁶ 巻末 Craig Brown 資料。CIFAR の HP あるいは Wikipedia にも、かなり掲載があるが、遡った過去の経緯等は詳しくない。

⁷ 同上資料より

には、CIFAR 理事・副会長に、地元出身で産業界で成功した創業者富裕層を招聘し、彼ら篤志家が、積極支援に乗出し、個人で年 1 億円弱を多年、拠出し続けたほか、いわば保証人のようになって、さらにカナダなどの私的助成財団に声をかけた。その結果は（年々変動するが）、例えば次のようであった：

- Azrieli Foundation（1989年創立以来、民間最大拠出者。毎年2億円前後を継続）
- Henry White Kinnear Foundation
- Ivey Foundation
- J. W. McConnell Family Foundation
- Lawson Foundation
- Max Bell Foundation
- Molson Foundation
- R. Howard Webster Foundation

などから資金を募ったのであった。地元産業界の呼びかけがあったにせよ、当時、成果も挙げていなかったCIAR（当時）に資金拠出した私的助成財団の多さは、圧倒的な印象を与える⁸。

第2点は、技術や研究者の選択におけるユニークさである。民間支援の下に、当時のCIARは、第1号プロジェクトとして、「AI & Robotics」（1983～1995の12年間）を上げた。その際、1980年代当時、世界的AIブームの中心だったエキスパートシステムを中心に組まず、あえてそれとは異なるオルタナティブ（穴馬）であったNNを重点にして、当時まだ米国カーネギー・メロン大学にいたヒントンをプロジェクトに招聘した。米欧日のような国を相手に、本命と言われたエキスパート方式で、後追いは空しいわけで、いわばニッチを狙ったと理解できる。

招聘を受ける側にしても、本命（当時エキスパートシステム）に対して押されがちだった状況で受けるオファーは、喜んで受諾したようで、ヒントンはCIAR（今日のCIFAR）に、高い感謝を表明している。同プロジェクトの間に、ヒントンは、1985年「制限ボルトマン・マシン」、86年「バックプロパゲーション」、87～88年「畳込みNN」など、立て続けに成果を挙げた（年表参照）。ついにヒントンは87年、CIARの縁もあり、カーネギー・メロンを捨てて、トロント大学へ移ってしまった⁹。さらに90年代～2000年代前半は、かつ

⁸ 民間最大拠出者である Azrieli 財団は、トロントの隣であるケベック州モンリオールの不動産業で巨富を得た David Azrieli が設立。トロントとモンリオールは、20 人に約 1 名がユダヤ人と、亡命ユダヤ人の多さで有名で、Azrieli 氏もナチスから逃れて転々とした挙句、同朋の多かったモンリオールへ亡命したユダヤ人であった。言うまでもなく、彼らはユダヤ系だけを支援したのではないし、上掲の財団はすべてがユダヤ系でもない。

ただし寄附の点で、キリスト教～ユダヤ教の影響は甚大とみられる。

⁹ この移籍は CIAR が最大要因ではなく、ヒントン本人の言によれば、当時レーガン政権下のイラン・コントラ事件等もあり、米国に我慢ができなくなって移住（国籍離脱）を決めたとのことである。だがその行き先が、トロントになった縁としては、トロントがピッツバーグから比較的近い点のほか、1983 年か

て本命とされたエキスパートシステムの限界によってAIが世界的に下火になっていたところ、2004年からCIFARは「Neural Computation & Adaptive Perception」プロジェクトを立ち上げ、再びNNのテコ入れに乗出し、その縁でヒントンは、ルカン氏をフランスからポスドク研究のかたちでトロントへ呼び寄せた。トロント大～CIFARのヒントン研究室には、ヒントン、ルカン、ベンジオというDNNの3役者が、一時的にせよ揃うことになった。その下でヒントンらは、2006年「積層自己符号化器」(スタックト・オートエンコーダ)技術を組入れ、データの次元圧縮を可能にするなど、DNNに関する一連の技術を一通り完成させていった。あとは画像データの集積と、コンピューティング能力の向上を待つばかりとなり、2012年の成功に至った¹⁰。

* * * * *

対する「第五世代コンピューティング」計画などについて。

CIAR (当時) が1982年創立、83～95年AIプロジェクトの間、日本では通産省において「第五世代コンピューティング」計画 (82～92年) が、ほぼ並行するかたちで実施され、当時、本命のように見られたエキスパートシステムなど、知識ベースを前提にした、論理・記号処理方式の推論システム開発に、総計500億円超を国費投入して、残念ながら結果は必ずしも世界的成功とは言えないものに終わった。

「リアルワールド・コンピューティング」計画 (1992～2002 年) は、「第五世代」のような壮麗な体系を追求しない方針に転じ、カタマリの全体 (いわば伽藍) が不成功と言われることにはならなかったが、ちょうど始っていたインターネットとの関係を充分には練りきれないまま、比較的小さな個別成果を積上げることに終始したように見える。むしろCIFARはその後に、粘り強く、2004年から再びNNを採り上げ、ついに大きく育てた点は上述のとおりである。連続していないが、総計20年を越えて支援し続けた。

* * * * *

<量子コンピュータ>

NNに似た面が多いので簡略化するが、量子コンピュータ (量子ゲート方式と量子アニーリング式) においても、日本は、1999～2003年頃、中村泰信ら (当時 NEC 基礎研) が、超伝導量子ビットの実証等で、世界に注目される成果を挙げ (量子ゲート狙い)¹¹、他方で1998

らトロント CIAR プロジェクトに参加していた点が大きかったと見られる。むしろトロント (オンタリオ州) は、モンリオール (ケベック州) =フランス語圏と異なり、イギリス系主体の英語圏だった点が、英国出身のヒントンに好都合だったこともあるが。

¹⁰ DNNは単にデータの集積とコンピューティング能力の向上によって実現しただけだろうという評価も散見されるが、それらを「どう使うか」、処理のアルゴリズムの体系 (諸要素の組合せ) が無ければ、単なるガラクタに終るのは自明である。

¹¹ Nakamura, Y., Pashkin, Y. & Tsai, J. (1999) Coherent control of macroscopic quantum states in a single-Cooper-pair box. *Nature* 398, 786–788

年、東工大の西森、門脇らが、量子アニーリングに関して高い成果を挙げた¹²（年表参照）。さらに遡れば、量子コンピューティングのアルゴリズム等とは異なるが、それを超伝導で実現する場合に不可欠となるハードウェア～デバイスで言えば、江崎玲於奈のノーベル賞（トンネルダイオード→後のジョセフソン素子）までである。

しかしここでも、（極低温の）超伝導量子アニーリングは1999年創立の、カナダのベンチャーD-Wave社（太平洋岸バンクーバー近郊）が、ほぼ10年をかけて同アニーリングマシンの商品出荷を果し（2011年Lockheed Martin向。その後NASA, Los Alamos, Google等へ）、世界の注目を集める成果を実現した。続いて、量子ゲート方式では2019年、グーグル=UC-Santa Barbaraチームが、ついに“量子超越”¹³（Quantum Supremacy）を達成したと発表し、IBM等による懐疑的コメントなどもあるが、一つの画期を成したには違いない。

日本政府は2019年、またしても、後を追うかたちで、他の量子関連技術を含む技術開発の行程表を作成し、大規模な予算付けを行った（そのコメントは本稿の趣旨でない）。繰返しになるが問題は、かなり基軸的な技術発案が日本で複数行われるのに、“その後”が続かず、後から慌てる事態が繰返されている点であろう。

D-Wave社は商品発表までは、バンクーバー周辺の、州政府関連の金融機関も支えたが、地元のコミュニティ・フレンズの出資が大だった。しかし「おわりに」で触れる特異性が、商品出荷後、現れる（後述）。

* * * * *

以上、NN式AIと、量子コンピュータについて観察した。D-Waveは営利追求ベンチャーで、商品開発が趣旨であるから、先述NNとはフェイズ（段階）が異なり、CIFARのような学術研究を支えた私的助成財団による寄附は目立たないが、民間財団（ないし民間出資性の基金）という点では、コミュニティ財団も私的助成財団も同じである。要は「民」が、「官」に拮抗するほどの存在として自立的に在り、実現性が不確実な技術の芽を、10～20年ほど支えた事実を確認した。

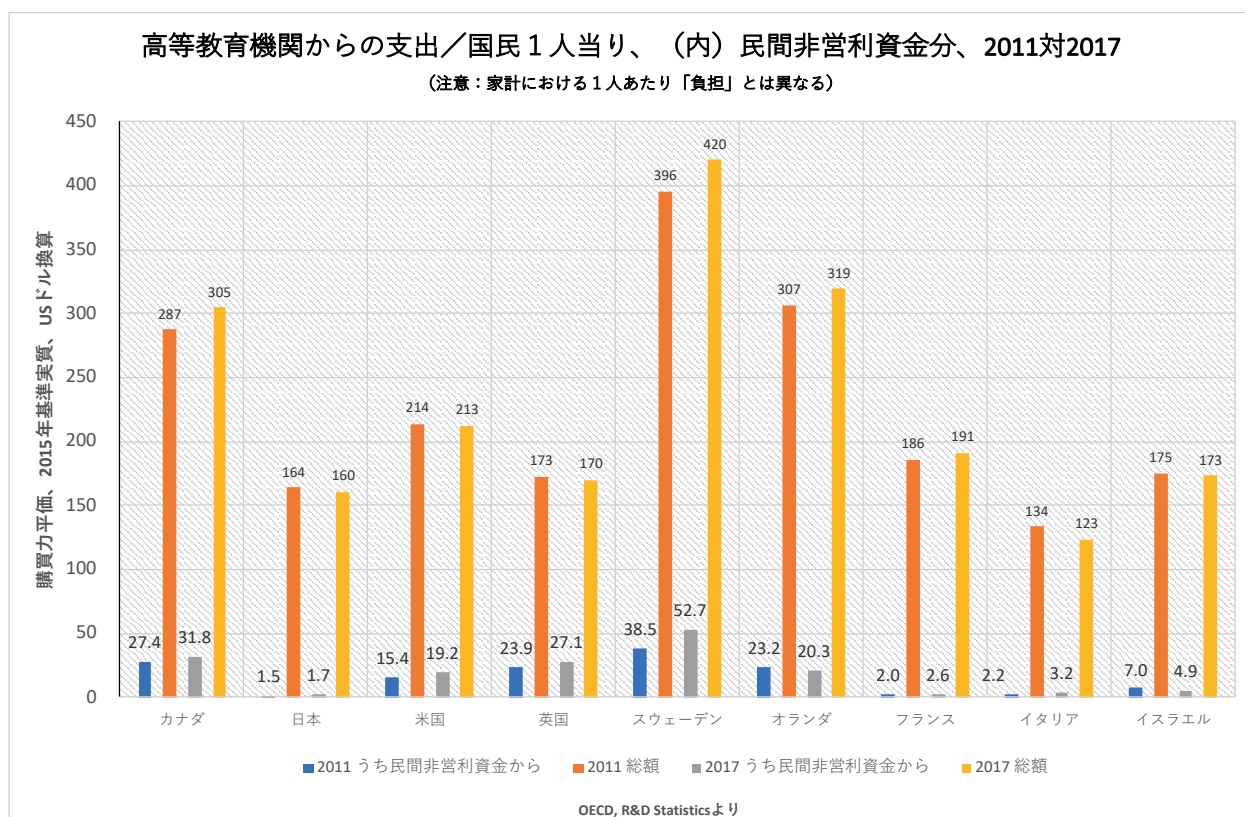
¹² T. Kadowaki and H. Nishimori (1998) _Quantum annealing in the transverse Ising model *Physical Review*. E 58, 5355

¹³ **量子超越性**（Quantum supremacy）とは、プログラム可能な量子デバイスが、どのような古典コンピュータでも実用的な時間では解決できない問題を解決できることを証明することで、**量子優位性**（quantum advantage）は、量子デバイスが古典コンピュータよりも速く問題を解決できることを表す（Wikipedia-Japan, 2019年12月アクセス）とも言われるが、一般には後者も「超越」と報道されることが多い。

2. 技術を萌芽から開花まで支えた「民間非営利資金」

前項からポイントを汲取るならば、カナダを含む北米（あるいは俗に言う、英国も含めたアングロサクソン式）では、短期利益追求を旨とする株主資本主義が跋扈すると言われるが（その検証は本稿趣旨ではない）、大規模な、ベンチャーで言えばセカンドステージ以降の出資はそのとおりかも知れないが、それより前段階の科学技術を、「民」の資金・活動が、個別的な支え手を変えつつも多年にわたって粘り強く支えた点こそが、決め手であった。本格的な営利追求の出資は、その後に必要になるのであって、その前段階が育たねば、いつも後追いになるしかない。繰返せば、「官」が重点にしなかった技術を、「民」が途中で死なせず、長らえさせたという、資本主義域外の「社会性」に注目すべきである。むろんこれは成功への十分条件ではなく、必要条件にとどまるのだが。

次の図はややマクロ的にみた背景事情に過ぎないとはいえ、私的助成財団など民間非営利資金が、いかにカナダなどの大学等高等教育機関の活動資金を支えているかを示したもので、それを日本、米国ほかと対比し、かつ2011年から2017年への変化を追ったものである。



上図は、為替レートの購買力換算、時系列では 2015 年基準で実質化換算したドル表示の実額で、国民 1 人あたりに換算した大学等の活動費用と、その資金を支えた民間非営利資金（企業等は除く）の拠出額を示した図である。そもそも日本の大学等の活動費用総額が、国民 1 人あたりでは、並べた範囲（＝OECD 統計によって統一基準で採録できた範囲）で、かなり低いことも懸念であるが¹⁴、それ以上に、大学等の総費用を民間非営利資金が支える金額の少なさが問題で、日本は、カナダは元より諸外国と比べて、グラフが見えないほど少額であり衝撃的ですからある。

下図では、同じことを比率的に、大学等総費用を民間非営利資金が支える割合でみた。上下の図、とくに下図からは、国単位でみると、少なくとも外観上、プロテスタント（ユグノー）主流圏、次いでユダヤ教圏で、民間非営利資金が大学等の費用を支える割合が高く¹⁵、カトリック主流圏¹⁶や日本で低いことが読み取れようか¹⁷。

¹⁴ 大学等の、国民 1 人あたり「総費用」の多寡は、豊かなほうがおおまかには好ましいだろう。が、厳密には、多ければ良いとは一概には言えないかも知れない。米国の私的研究大学の学費の高さが適切か、逆に無用なコミュニティ大学を作り過ぎてないか等、また購買力平価換算が適切か等、吟味すべき点が多い。本稿ではその点を論ずるものではない。

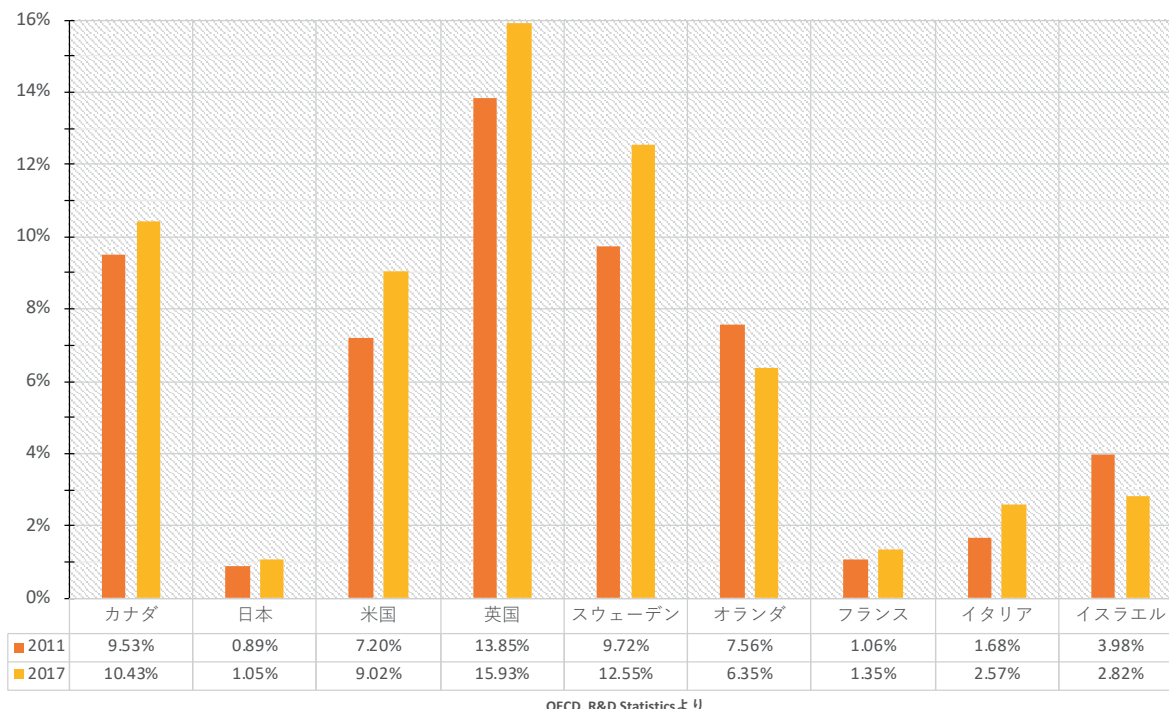
¹⁵ カナダで 2 番目に豊かと言われるケベック州（モンリオール所在）は、フランス系カトリックが主流な地域だが、先述のとおり、そこで経済的成功を収めた存在は、しばしば同州では少数派の、イギリス系か、ユダヤ系、あるいは中国系で、彼らが活発に私的助成財団を設立している。カナダで最も豊かな、隣のオンタリオ州（トロント所在）は英国系プロテスタント主流の地域であり、ユダヤ系も多く、活発に私的助成財団が、今日も設立され続けている（D-Wave 社が所在の太平洋岸バンクーバーも同じ）。

上記とかかわり、一国内の「地域」別の視点も本来は重要である。「国」単位が日本では重視されるが、「地域」は地域でまた多様性を支えている。（国という、のっぺらぼうな単位が有効な国＝中央集権が強い国は、世界で一概に多数とは限らない）。

¹⁶ カトリック主流圏でも個人等民間による寄附は巨額に上る。しかしそれは大方、教会関連に入り、教会から大学に対しては、教会主導大学以外には、資金が出ていかない問題、あるいは国全体単位では「民間財団」というあり方自体が、必ずしも厚遇されず、本拠を置かれることが少なかった等の事実がある。前者は日本とは異なる事情であり、後者は日本と類似である。

¹⁷ ドイツを精査したかったが、OECD 統計では採録できなかったので本稿では略した。他日を期したい。

高等教育機関からの支出に占める民間非営利資金パーセンテージ、2011対2017



*なお、次の点は、論点としてのみ掲げておきたい： すなわち民間寄附は、しばしば宗教と密接に関係しているようにみられる。「国家」に対して、ときに拮抗（ときに補完）し得るような「社会」というのは、世界においてはしばしば宗教と深い関係を今も持っているのではないか¹⁸。実質的に宗教希薄／無宗教（あるいはイスラム教や中華共産主義なるものへの信仰が強迫的な場合）は、宗教（社会）と国家が対立するような争乱は避けられるかも知れないが、無風の平和というのは社会と国家の緊張関係が希薄ということの別表現でもあり、国家と異なる主張を打出すこともある「社会」の自尊自立には、不利不適かも知れない¹⁹。

* * * * *

18 逆に宗教が国家と一体化しがちなイスラム圏の例もあり、そこでは宗教こそが、社会と国家の一体化をもたらしている。方向は反対かも知れないが、いずれにせよ宗教・信仰が、（無宗教も含めて）、「社会」と強く結びついている点は、自明（ほぼトートロジー）に近いだろう。

19 この点は明らかに世界の歴史学、政治学等にとっての難問で、今後も簡単に論じられるような問題であることは承知だが、重要な論点であるに違いない。
（フランスは総数ではカトリック主流だが、フランス民主主義革命は、その批判（脱宗教化）から出発して、行きつ戻りつを繰り返し、英国教会はプロテスタント「系」とも言われるが、王制を擬制的な柱としているなど、一筋縄で論ぜられない点であることは言うまでもなく。ユダヤ教圏、中華圏、ヒンズー圏も然り。）

さて他方、日本政府・経済産業省の「第五世代コンピューティング計画」にも言及したが、「官製」プロジェクトをめぐる問題は、よく言われるようにその中身技術の不成功をあげつらえば済むことではなかろう。操作可能で重要な問題（課題）は、プロジェクト内部にもあろうが、むしろそれ以上に、官製計画のほかに（外部に）、オルタナティブを支える営み・資金が、規模は小さくても「民間財団・基金等」から、出てくることが乏しかった点も問題だったのではないか。言換えれば政府以外の民間「社会」が、科学技術についてもカネを払うほどの関心を有し、科学技術における多様性を、長期にわたって支える仕組みになっていない点こそが、問われるべきではなかろうか。

官製資金は、多数候補にばらまくのが賢明であるとは限らず、場合によってはリソースを特定候補に集中投下したほうが効果的になる場面もあり、その適否は個別ケースごとに吟味されるべきであって、一概の結論はあり得ないだろう。また、プロジェクトごとの技術候補の選択が賢明であったかどうかは、AIや量子コンピューティングのように“諸要素を体系集成してみないと”価値が判然としない技術では、おおかた後知恵でしかない。CIFARの成功も、ある種、偶然（たまたま）であろう。本稿の強調はその点ではない。CIFAR（の選んだ技術）が不成功だったとしても、また同じように、別の民間財団等が、別の技術を支える、、、といった「社会システム」を、日本社会の問題として提起しようとするものである（CIFARはその一例に過ぎない）。

おわりに： 「基金」の時代—一次世代的な米国式軍用投資ファンドにも挟まれて

1) 本文で採り上げた超伝導量子アニーリングコンピュータのベンチャーである D-Wave 社は、カナダの事例として取上げたものだが、第一号商品を出荷後、2012 年には、米国 CIA のお抱えベンチャーキャピタルである In-Q-Tel 社 (IQT:1999 年創立。民間 NPO 法人形態) および Amazon の Bezos 氏個人ファンドから 30 億円相当の増資を引受けてもらうことに成功、それを足掛りにその後も次々と増資ほか資金調達が可能となった。同社の成功は、カナダ単独で果されたものではなく、米国との結びつきによって実現した²⁰。

開発費も多額に上るハードウェア系ベンチャーは通常、赤字経営のまま、次の開発投資が必要になるが、その資金調達は困難で、開発拡大に行きづまり、結果として次への展開ができず、こちんまり経営にとどまるケースが、日本も海外も多い。D-Wave が、そうならずに、さらなる開発に取組むためのテコを、米国の軍用ファンドである In-Q-Tel が与えた (その出資が、他の出資者による出資へのインセンティブ～お墨付の印を与えるため)。

他方、視点を変えて CIA からすると：

「CIA は限られたカネを使って、外部で開発された技術をテコ入れすることにした」²¹という関係にある。政府予算が限られる中、民間における技術開発を拾い上げ (選択)、政府 R&D で補助するより比較的少額の出資で、それが与えるインパクト (信用供与効果) をテコに民間から広く資金調達させ、技術開発内容も株主として誘導し、成果が出たおりは、株主利益という以上に、軍事・諜報 (以下軍事に含む) 機関による製品買上げ (調達) もスムーズに進みやすくなる、という効果が期待される。むろんリスクはあるが、政府 R & D 補助金でもリスクはある。

—ベンチャー技術の本格的軍民両用化を「仕立てる」軍用投資ファンド—

以上の構図を広い枠組の中で捉え返す。かねて冷戦終結を受けて 90 年代クリントン＝ゴア政権の頃から、米国の政府や軍は、軍産両用技術 (DUT: Dual-Use Technology) に注目し、軍用に開発された技術の民間転用 (軍→民へのスピノフ) を図ると同時に、民間技術の軍への取込み (民→軍へのスピノン) を進めようとしてきた。その際、既存の出来合い

²⁰ 量子コンピューティング、量子暗号通信に最も関心を寄せるのは、しばしば諜報機関である。前者は暗号解析を最も得意としているからである。後者は解説無用だろう。

²¹ George Tenet (制度創設時の CIA 長官), *At the Center of the Storm: My Years at the CIA*, Harper Press, 1997, p. 26

品の購入調達は必ずしも難しいわけではなく²²、課題は開発品のほうであった。民間技術で、軍用に取込みたいものでも、アレンジ程度で済めば別だが、多くの場合、もう一段、(軍が望む方向への)「開発」の展開・追加が必要になる。その際、R&D開発補助を政府予算制約の下で手当てしきれないとき、出資をすることで、外部民間資金をジョインさせれば、比較的少ない資金にレバレッジを掛けて大型開発を促進したのと同じことになる。軍・諜報機関の「錦の御旗」(無料)で、ベンチャーは、民間からの資金調達がやりやすくなるので(信用供与効果)、ベンチャーにとっても、単にR&D補助金をもらう以上のメリットがある。これは、「民→軍への技術スピノン」コースにおける画期的なやり方であって、何でもR&D補助金を出して軍用にステップアップさせるのではなく、比較的早い段階で、軍用にも民用にもなるかたちでの開発を(相対的に低予算で)リード可能になる。

再言すると、「民→軍への技術スピノン」は、出来合い品というより、軍も利用可能なかたちでの開発テコ入れが必要な案件こそ重要事項であるのに、予算制約もある中で、なかなか進捗しなかったところ、In-Q-Telのようなファンドを咬ませるかたちで問題突破を図りつつある。同時にIn-Q-Telの動きは民間のファンドや銀行の耳目を集め、In-Q-Telが出資したところへ、民間も、ためらいが減ったかたちで、増資・融資に応じやすい態勢でもある。民間の技術開発や、そこへの投融資などを、大なり小なりIn-Q-Telが誘導している図式とも読める。

この図式に乗って、D-Wave社は、未熟な技術・製品の段階(多くのベンチャーに行き詰りが訪れる時点)から、次の開発へ飛躍する跳躍台を得たわけである。「量子コンピュータ」にせよ、AIにせよ、目玉となる技術について軍がテコ入れしながら、一段と本格的な軍民両用技術(DUT: Dual-Use Technology)に「仕立てていく」モデルの登場である²³。

2) 私的助成財団が技術候補の多様性を継続的に支えているカナダの事例(本文)と、米国式の軍民両用技術向け軍用投資ファンド(おわりに)の双方に挟まれ、どちらのモデルにも欠けるのが日本である。

第1に認識すべきは、今日、アメリカを筆頭に先進国政府を含めて、政府が特定の営利追求ベンチャーに出資テコ入れする等は、いわば世界的な常態になっており、「投資基金」活用の時代が来ている。今やそれは途上国のモデルではない。

²² ネジ、くぎの類いは従来から調達(間接分含む)されていたわけで、DUTの掛け声の下で、かつ民→軍方向で、既存カタログ品調達の点で、顕著な成果を挙げた筆頭はソフトウェアであった。この辺の分析は他日の課題としたい。本文では既存品でないものを話題としている。

²³ In-Q-Telの画期性について指摘している文献の一つは： 小林 信一「CIA In-Q-Tel モデルとは何かーIT時代の両用技術開発とイノベーション政策ー」『レファレンス』国立国会図書館調査立法考査局 2017年、など。

第2に、片や私的助成財団、他の極に中央政府・軍によるベンチャー出資基金のように、今や「基金」のあり方は、あらゆる形態が、国民経済に応じて世界各国で工夫されている。日本で「基金」のあり方をめぐる構想がどれほど練られているだろうか？

政府・軍によるベンチャー出資基金は小稿の分析対象でないので別途改めるとして、カナダの事例にみた私的助成財団による技術候補の多様性養生について、日本ではどう考えるべきか。

米欧ユグノー系やユダヤ系で活発な私的助成財団とは、例えば世界最大はゲイツ夫妻財団（ビル・ゲイツ氏と妻）と言われ、また伝統的にはカーネギー、ロックフェラー、メロン、フォード、ケロッグ財団等、いずれも巨万の富を蓄積した個人・家族による拠出からおおかた成立っており、それは一旦自己のものとして富を蓄積したあげく、後からその一部全部を、自己の信念=creed にそぐう部分に対してのみ、還元するというかたちである。ウラを返せば、一旦、信じがたいほどの巨大な収入格差が実現して、はじめて成立っている仕組みである（宗教的影響はその次に来る問題＝すなわち収入の再処分の問題）。それが社会全体にとって好ましいのか、格差にも「程度、限度」の問題もあろう（小稿範囲を越える）。

「官」に拮抗することもある「民」というのは、多様性や活力を産んで好ましい場合もあるが、史的には巨大な資力が、国家を翻弄するかたちで私権の行使を行った事案も存在し、いつも社会全体に好ましい結果をもたらすとは約束されていない。まして格差が、米国等に比せば、まだマシとされる日本を考えれば、米欧風の私的助成財団を求めるのが有効か、疑問も残る。

だとすれば、たとえばどういうことが考え得るか。上述した、富を蓄積した創業者への期待は、タネ銭的なもの、あるいは旗を立てることである。日本は、米欧ほどケタはずれな資産・所得格差には至っておらず、比較的には広く薄く収入が分布しているとされる。そこでは、有志諸個人が、さまざまなクラウド・ファンディング(crowd funding)等に向けて資金拠出するかたちが向くのではないか²⁴。

問題の一端は「旗」である。政府系以外の多様な視点を重視する面からは、たとえば日本経済新聞社などメディア各社や専門業者が、取組んでいるところの、商品や企画へのクラウドファンディング促進事業（宣伝集客、課金システム）などが、一層洗練されたものになっていくことへの期待である。

²⁴ クラウドファンディングには、広狭さまざまな定義があるが、ここでは詳述しない。とりあえず、商品購入型、投資型、寄附型のすべてを含むものと捉えたい。

しかし「旗」については、In-Q-Tel が明確にそこを目指して成功しつつあるように、政府（あるいは軍）の選択眼が、必ず民間より劣るという証明があるわけでもない。官製投資ファンドといっても、そのマネージャーたちは、In-Q-Tel を含めて、殆どが民間から採用されるのが世界の潮流である。制度や契約を巧みに作れば、ファンドが資金源の視点で官製か民間かで、パフォーマンスに大差が出るとは思われない。また各国ごとの民間ファンドのありように応じて、その弱点を「補完」するものとして官製ファンドを設計すれば、民業圧迫等の批判も、一定範囲に抑えることができるはずである。繰返すが、今や、政府が特定の営利追求私企業に出資する等を自制する国など、米国その他先進国を見渡しても、殆どない。政府がイノベーションのため、直接的なテコ入れを行うのは世界の常態になっている。その点、大胆な措置に出られず、「萎縮」しているのは日本政府くらいではなかろうか。要は官民ともに競えば良い。日本政府も、もっと「投資基金」の活用、その構想を練るべきときであらう。

またクラウドファンディングをめぐる税制も、「ふるさと納税」やエンジェル税制等を超えて、一段と大胆な改善余地があるかも知れない。

政府、とりわけ税務当局からすると、自己に対して、ときに異なる主張を立てることもあるような民間の存在（基金等含む）を、減税も含めて、わざわざ盛立てるのは、疑問視されてもおかしくないが、それは近視眼的であって、ゆくゆくは政府セクタをも、緊張感の下で活性化することに貢献するものとして、斬新な税制を考えるべきではなかろうか²⁵。

大学への民間資金導入も同じで、大企業のコミットに重点を置くばかりが能ではないはずで、社会起業家的なベンチャーに対するクラウドファンディングなどを大学自ら、さらに熱心に取り組む余地があるのではなかろうか。

また、In-Q-Tel が、費用や原資は政府に仰いでも、法人自体は民間 NPO 法人のかたちをとっているように、斬新なかたちの民間非営利「基金」等を構想すべきではなかろうか。（その個別具体案は今回調査の範囲ではなく、別途の調査を要する問題である。）

²⁵ 言われるとおり米国やカナダでは当局に認められる減免税対象の寄附・拠出が日本よりはるかに広く、その行為は有権者が、政府を支持選択するか（納税）、それとは違う民間を支持するか（寄附）の、意思表示にも使われている。

参考文献

Brown, Craig, *A Generation of Excellence: A History of the Canadian Institute for Advanced Research*, University of Toronto Press, Toronto, 2007

Crevier, Daniel, *AI: the Tumultuous History of the Search for Artificial Intelligence*, Basic Books, NY, 1993

England, J. Merton, *A Patron for Pure Science*, National Science Foundation (NSF), Washington DC, 1982

Fleishman, Joel L. *The Foundation: A Great American Secret: How Private Wealth Is Changing the World*, PublicAffairs, 2007

Fleishman, Joel L. et. al., *Casebook for the Foundation: A Great American Secret*, PublicAffairs, 2007

Sejnowski, Terrence J., *The Deep Learning Revolution*, MIT Press,

Roland, Alex, *Strategic Computing: DARPA and the Quest for Machine Intelligence, 1983-1993*, MIT Press, 2002

エドワード・ファイゲンバウムほか『第五世代コンピュータ：日本の挑戦』TBS ブリタニカ、1983 年

(財) 助成財団センター編、『民間助成イノベーション——制度改革後の助成財団のビジョン——』助成財団センター、2007 年

日本ファンドレイジング協会『寄附白書 2017』日本ファンドレイジング協会、2017 年

廣瀬健、渕一博『第五世代コンピュータの文化』海鳴社、1984 年

渕一博、赤木昭夫『第 5 世代コンピュータを創る』日本放送出版協会、1984 年

山縣裕之『ハイテク産業都市シアトルの軌跡——航空宇宙産業からソフトウェア産業へ——』ミネルヴァ書房、2010 年

*Web 等も参考にしたがリンク切れになる例が多く、学会慣行と異なるが、逐一提示せず

(禁無断転載)

19-4-4

粘り強くリレーで技術を維持培養する
北米の社会経済ネットワーク

2020 年 3 月

一般財団法人 機械振興協会 経済研究所

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号

TEL : 03-3434-8251

<http://www.jspmi.or.jp>

印刷所：株式会社 響文社

TEL : 048-424-7361