

地震学と地震津波防災

信州大学工学部 泉谷恭男
 (株)小堀鐸二研究所 武村雅之
 北海道大学大学院理学研究院 西村裕一
 (著者は五十音順)

地震や津波は自然現象であると同時に災害要因でもある。災害要因を研究対象とする地震学は、自然現象の理解という純粋な理学の枠内に留まっていることはできず、防災ということを通して社会と密接に関係している。我々は地震や津波のデータを使って物理モデルを構築することを目標とするだけでなく、研究成果に基づいて社会に向かって発信する情報が本当に防災に役に立っているのかについて、常に省みる必要があるだろう。例えば、巨大災害を防ぐことを第一の目的とするなら、多くの仮定に基づく地震の発生確率を公表するよりも、その地域で発生し得る最大規模の地震や津波の調査にもっと努力が向けられるべきではなかったか。更に、より直接的に社会に貢献するためには、他分野の考え方や手法を吸収し連携することも大切だったのではないだろうか。地震学者が防災に貢献するために何が必要かについて改めて考察すれば、1) 社会にとって何が必要かという想像力を持つこと、2) 自分の守備範囲の研究をきちんと行うこと、3) わかったことと共に、わからないこと(わかっていることの限界)もきちんと伝えること、4) 他分野と連携して「知」を融合すること、という、至極当然のことに帰着する。我々はもう一度、この原点から出直す必要がある。

1. はじめに

2011年10月15日に静岡市において開催された特別シンポジウム「地震学の今を問う - 東北地方太平洋沖地震の発生を受けて -」に先立って、日本地震学会会員に対するアンケート調査が行われた。「地震学の知見が防災に役立つか?」という問いに対しては、82%余りの人が、「非常にそう思う、または、そう思う」と回答している。しかし、「実際に役立てられていると感じるか?」という問いに対しては「非常に役立っている、または、役立っている」と回答した人は40%程度に過ぎなかった。この大きなギャップに、2011年東北地方太平洋沖地震の際に何故もっと多くの人を救うことが出来なかったのだろうかという、地震学者の苦悩が現れているように思う。

地震や津波は自然現象であると同時に災害要因でもある。災害要因を研究対象とする地震学は、好むと好まざるとに関わらず、防災ということを通して社会と密接に関係している。例えば長谷川(2012)は日本の地震学を、「地震災害国の日本では、地震学は、地震による悲惨な災害の軽減・防止を目指して進められてきた歴史を持つ。その意味で、日本の地震学は社会とのつながりが極めて深く、社会的な要請がその発展の大きな原動力になってきた。」と位置づけている。また橋本(2012)は、「地震科学の目標・目的の第一は、基礎科学としての地震現象の側面からの地球史の理解であろう。これについては、地震科学研究者の間に異論はないであろう。しかし、その理解に基づいた地震災害軽減という、社会からの強い期待・要請が常にあり、社会の中のコミュニティとしてこれに応えることもまた目標・目的とな

る。」と述べている。このように、地震学の目的が地震という自然現象の理解であると共に地震津波災害軽減という社会からの強い要請に応えることにもある、ということに関しては、多くの方が賛同されるであろう。「地震学の知見が防災に役立つ」と回答した人が80%を超えていることから、そのことが伺える。

それでは、地震学の研究成果をどのように防災に役立てれば良いのであろうか。アンケートの自由記述意見やシンポジウム会場での発言には、「研究成果を公表しておけば、防災関係者が必要に応じて使ってくれる。」というものから、「地震学者は防災現場にまで出向いて指導すべき。」というものまであった。研究成果を公表していれば勝手に役に立つと考えるのは無責任であり、防災関係者に高度な地震学の知識を要求することも現実的ではない。逆に、防災現場で直接指導すべきだと言われても、それは大多数の地震学者の能力を超えている。

我々は自分の能力の限界をもまた、きちんと自覚すべきである。本稿では、地震学者としての守備範囲を「防災に役立つ科学的情報の発信」と定め、防災に貢献したいと願う地震学者にとって何が必要かについて考察する。

日本地震学会には地震学者ばかりでなく、防災工学者、教育者、メディア関係者、その他いろいろな立場の方が居られるのは承知している。しかし本稿では、上で定義した地震学者の守備範囲に限って議論することをお許しいただきたい。それ以上を論じることは、著者の能力を超えている。

2. 防災のための情報

現在、地震学者の側から社会に向けて発信されている防災のための情報にはいろいろなものがあるが、ここではそのうちの、「地震予知」、「確率論的な地震発生予測と地震動予測」、「津波警報」、「地震警報」について論じる。

2.1 地震予知

「地震予知は防災に役立つ」という言葉は、厳密には、「地震予知が可能なら、それは防災に役立つ」と書くべきであろう。1975年に海城地震の発生が予知され、人的被害が最小限に食い止められたと言われている(中国地震考察団,1976)。確かに、「地震予知が可能」なら防災に役立つことは間違いない。しかし、現時点での防災を考える時に重要なのは、「現時点で地震予知が可能かどうか」である。「現時点において、かなり高い確度で地震予知が可能」と考えている地震学者の数は、おそらく全体の1割にも満たないであろう。

「将来、地震予知が果たして可能になるか、それとも不可能か?」という議論をここで取り扱う気はない。また、誤解の無いように付け加えれば、「地震予知研究の継続は大切」という意見(例えば、深畑,2012;小泉,2012)に異議を唱えるつもりもない。もし将来において地震予知が可能になれば、現時点での防災には役立たないが、将来の防災には非常に役立つであろうから。

さて、現状における地震予知の実力を考えると、現時点での防災に役立つことはあまり望めそうにない。防災に役立たないばかりでなく、地震予知が可能であるかの如き幻想が社会にかなり広まってしまっていることは非常に大きな問題である。もし、「地震予知は可能」という前提に立った防災対策がとられているとしたら、それは危険極まりない。地震学者はこのことをきちんと認識できなければならない。そして、地震予知の現時点での実力を社会に対して丁寧に説明して、「現時点で地震予知は可能」という幻想を打ち壊す努力をする必要があるだろう。幻想を広めてしまったのが地震学者である以上、地震学者にはそれを打ち壊す責任がある。

2.2 確率論的な地震発生予測と地震動予測

菅直人前首相が浜岡原子力発電所の運転停止を要請した時、地震調査研究推進本部が公表している「長期評価(地震発生の確率予測)」をその判断の根拠としたことは広く知られている。それに対して、地震調査研究推進本部から「どう使うかは使う側の判断」という旨のコメントが出された(asahi.com,2011)。確かに菅前首相のような使い方は誤っている。長期評価は、次に何処で地震が起こるかについての切迫性を評価したものではない。しかし、情報を発信した側のコメントがこれでは、余りに無責任ではないか。

菅前首相のような誤解が何故生じたのかについては、よく考えてみる必要がある。この誤解は、「地震調査研究推進本部が防災に役立つとして公表している確率予測」と「社会が防災のために必要としている情報」との間に非常に大きなギャップが存在する、ということを示している。つまり、情報を発信する側に、何が防災に役立つかということについての想像力の欠如がある。

確率論的な評価は防災に役立たないという指摘もある。防災の現場は、確率ではなく決定論的な情報を求めている(岩田,2012)。また、確率の低い地域には地震が起きないという誤った安心情報を与えているという指摘もある(野津,2012)。これでは、防災の役に立たないばかりでなく危険でさえある。

確率論的な地震動予測地図についても同様である。近年の大地震は確率の低い地域でばかり起きているという指摘(Geller,2011)があるが、これも上で述べたとおり、確率論的な地震動予測地図が切迫性を表したものでないことを考えれば、必ずしも正しい指摘とは言えない。しかし、この指摘が社会の要請を代弁していることは確かである。

もっと根本に戻って、そもそも地震発生が確率的に予測できるのだろうか。確率は非常に多くのサンプル(多数回の試行)から得られる経験的なものである。地震発生の確率予測のために用いられているサンプル数は非常に少ない。それでもって次の一回の地震の起きる可能性を予測しようという、非常に危険なことをしている。さらに、固有地震が定常的に繰り返すという仮定そのものが、2011年東北地方太平洋沖地震の発生によって覆されてしまった。

今までの確率論的な評価は根本的に見直すべき時期に来ている。藤原(2011)は現在の確率論的な地震動予測地図を、低頻度の巨大地震に対応すべく改良することを提案している。巨大な災害を防ぐことを第一の目的とするなら、地震の発生確率よりも、その地域で発生し得る最大規模の地震や津波の調査にもっと努力が向けられるべきではないだろうか。

2.3 津波警報

2011年東北地方太平洋沖地震の発生後約3分で気象庁マグニチュードが決定され、津波警報が発令された。それによって非常に多くの人命が救われたことは間違いない。ただ、地震規模の過小評価が津波波高の過小評価につながり、もっと救えるはずの多くの命を失ったことは非常に悔やまれることであった。

今回の津波警報に関して地震学者として反省すべき第一の点は、この地震規模の過小評価であろう。気象庁マグニチュードが巨大地震に対して

飽和現象を起こすということは、地震学では常識であった(Aki, 1967; Kanamori, 1977)。それ故、国内外の広帯域地震記録を即時的に解析して、地震発生後 10 分程度でモーメントマグニチュードを推定するシステムも、既に開発されていた(西前ほか, 2002; 仲底ほか, 2003)。また、気象庁マグニチュードに頼るのではなく、断層面の広がりや地震発生直後に推定して津波警報に役立てようという研究も、既に行われていた(例えば、Izutani and Hirasawa, 1987; 今村ほか, 1991)。しかし、それらの研究成果は津波警報システムに組み込まれなかった。その大きな理由は、「日本付近ではマグニチュード 8 を大きく超える地震は起きない」という誤った思い込みがあり、気象庁マグニチュードを基にした津波警報で十分という考え方があったためと推察される。また、波高に関する情報よりも警報の迅速性に重点が置かれていたこともあるだろう。

〔付記: 日本国内には、津波警報を目的として、モーメントマグニチュード推定のための広帯域地震計も設置されていた。しかし、大多数の地震計の記録が振り切れたため、実際の役には立たなかった。ただ、「何十秒間も振り切れたのだからマグニチュードは 8 を大きく超えた」という判断に至らなかったことが、非常に悔やまれる。〕

マグニチュード 9 の地震と悲惨な津波被害を体験し、津波警報の見直しが進められている(気象庁, 2012)。広帯域地震計記録の即時解析からマグニチュードが 8 を超えたと判断した時の警報の発令の仕方に、今回の苦い体験から得た工夫が見られる。また、近年急速に発達した強震観測網を利用して、震源断層の大きさを即時的に推定して津波警報に役立てようという新しい研究も見られる(例えば、青木ほか, 2011; 堀内・堀内, 2011)。更には、海底に水圧計を多数設置して、実測波高に基づいて津波警報を発令する計画も進められつつある。これらの試みは直接的に津波防災を目指したものであり、今後は実用化を図り、将来の地震に対する津波警報発令のために役立たせていかなければならない。

2.4 地震警報

1983 年に旧国鉄のユレダスシステムによって開始された列車に対する地震警報システムは、防災のために目覚ましい実力を発揮した(中村, 1996)。2004 年新潟県中越地震の際には、震央近くを走行中の上越新幹線車両が、緊急停止指令を受けて減速中に強い地震動を受けて脱線した。しかし、死傷者は無かった。また、他の列車も地震警報により停止したため、脱線事故現場に侵入する列車は無く、大惨事が未然に防がれた(中村, 2005)。2011 年東北地方太平洋沖地震の際にも、新幹線の列車は安全に停止した。

一方、2007 年に運用が開始された気象庁の緊急地震速報(一般国民向けの地震警報)は、2011 年東北地方太平洋沖地震の際にも防災に役立ったことが報告されている(例えば、小山, 2012; 山田, 2012)。ただ、気象庁マグニチュードの過小評価に伴う震度の過小評価が見られた。また、余震多発に伴う誤報という問題点もあった。これらについてはシステムの改良が行われつつある(例えば、干場, 2011)。

このように、明らかに防災に役立ったという実績を持つ地震警報ではあるが、気象庁の緊急地震速報には、内陸で地震が発生した場合、震央近くの大被害が予想される地域では警報が間に合わないという大きな問題が残されている。安価な地震計を多数設置してローカルな警報を発することによってこの問題の解決を図ろうとする試みには気象庁は関与しておらず、現在のところ個々の研究者の努力に委ねられている(例えば、Horiuchi, 2009; Nakamura, 2009)。震源から離れたところでの震度の正確な予測も勿論大切ではあるが、人命を救うという面から考えると、震央近くの大被害を受けるであろう地域に対する地震警報をより迅速に発令するための研究に、もっと力が向けられるべきであろう。

3. 他分野に学ぶ

防災に関して地震学が連携すべき他分野となると途方もなく広い。そして自然科学だけでは対処しきれない(例えば、川勝, 2012)。ここでは、第 1 章で述べた地震学の守備範囲と密接に関連し、現在特に注目されている津波堆積物研究との関連を絞って述べてい

地震学の大きな柱は物理学に基づいて地震の震源を明らかにすることである。地震学者に防災を委ねれば「物理的な震源予測」が大前提となることは当然の流れである。よって津波防災についても、原因となる地震の発生間隔や規模、震源の広がりを想定することを基本として議論が進められてきた。しかしながら、2004 年のインド洋津波や 2011 年の東北地方太平洋沖地震に伴った津波(以下、「2011 年東北津波」と呼ぶ)の発生によって、地震学の知見に基づく予測や想定には限界があることを改めて思い知らされた。したがって、津波防災のあり方を再検討する必要があるのは明らかである。

地震学の現状のレベルは、地震発生後に震源で何が起こったかを説明することはできるようになったが、事前に物理モデルに基づいて震源を予測し、揺れや津波をある程度正確に評価できる段階には至っていない。津波といえばあたりまえに目にするシミュレーションもまた、多くの問題を含んでいる。2011 年東北津波の発生直後から震源域を仮定した数値計算が多くなされ、アニメー

ションも作成されてメディアでも頻繁に取り上げられた。しかし、すべての数値計算結果は三陸沿岸での 30m 超の津波を再現できていなかった。それでも、津波のアニメーションはいかにも尤もらしく見えてしまうのである。地震学者はこうした難点や限界を、当然ながら知っていたはずである。単純化した断層面上のスリップ量をメートル単位で議論していながら、実際の津波の高さは 10m も合わない場所があってもいいと思うのでは、やはり防災への意識や被災者への配慮が欠けていると指摘されても仕方ない。

近代科学が打ち立てる自然現象に対するモデルは、その範囲では合理的で矛盾は無いし、一定の観測データに裏打ちされている場合も多いが、問題は、合理的でなければならないという制約から、知らず知らずのうちに説明がつかない事象に目を瞑っているということが無いからである。地震のように科学的な理解が十分進んでいない分野ではその危険性が一層高いとみななければならぬ。科学的モデルを打ち立てようとする研究の世界では、データはモデルのためにあると考えてもよいかもしれないが、こと防災の世界では、あらゆる事象が主体で、足らざるところを補間し外装するのが科学的モデルでなければならない。例えば、断層モデルが正確にわからなくても、津波堆積物研究に基づいて過去の津波の浸水履歴図を作り、防災計画に活用することも可能である（後藤，2012）。極論を言えば、不確かな物理モデルに頼る現状よりも、余程まともな防災対策が出来るかもしれない。

2011 年東北津波を受けて、史実でない津波を把握すること、すなわち津波堆積物研究の重要性が高まった。仮定が多いモデルに頼るのではなく、史実や物証を防災に活かそうとする動きである。津波は堆積物を必ず残すとは限らないし、地質時代に発生した規模以上の津波は今後も起きないという保証はない。しかし事実は事実として、それがモデルで説明できないとしても防災の拠り所になるはずである。その意味で、津波堆積物の調査は慎重に行われ、検証を繰り返し、誤差や限界も示しながら公表されるべきであろう。津波は地震以外でも発生するので、すべてを単純化した地震のモデルで説明しようとする必要がないことも認識すべきである。津波堆積物は「地震波形」や「震源分布」のような基礎的な一次データである。怪しいデータに基づいて地震活動や地震発生モデルを構築しようすることに意味がないのは明白である。その意味で、まずは信頼できるデータを得ることが最重要なのである。

地震津波防災においては、様々な分野の研究者が「人間社会を持続させる」ということを目的に、一つの枠組みの中で実効的に研究する「知」の融合がなければならない。東日本大震災は我々に、

てんでばらばらでは学問の成果を十分生かせないという事実を突きつけていると言えよう。

4. 不確かな根拠に基づいた情報と防災

2011 年東北地方太平洋沖地震の後、地震学者の安易な言動がマスコミを賑わすことが多いのは、防災に役立つとうとして、自分の能力を超えて背伸びをしすぎているせいではないだろうか。現在の地震学には、特に「予測」に関しては、不確かな部分が非常に多い。不確かな根拠に基づいていながら、さも確かな科学的根拠に基づいているような印象を与える言動は「科学」とは言い難く、地震学者にとって許される態度ではない。また、「防災に役立つためには、地震規模や震度を大きめに言っておけばそれで良い」という考え方も無責任である。不確かな根拠に基づいていながら「それにさえ備えておけば安全」と錯覚させるような情報の出し方をしてきたことが、2011 年東北地方太平洋沖地震による被害を大きくした原因の一つであることを、忘れてはならない。

「防災」は地震学者が単独で行うことではない（例えば、川勝，2012）。地震学者に求められているものは、「予測結果」と共に、「それがどの程度確かな根拠に基づいているのか」についての正確な情報の発信である。「わからない（わかっていることの限界）」を伝えることは非常に大切である（例えば、長谷川，2012；橋本，2012；今川，2012；鈴木ほか，2012；谷原，2012；など、多くの人が指摘している）。不確かな根拠に基づいた情報を安易に発信することは社会を混乱させ、また、地震学に対する社会の信頼を大きく損なう。悪くすれば政治に都合良く利用され、地震学を政治の下僕としてしまい兼ねない。

群馬大学の片田敏孝氏が釜石市の小中学生に「想定にとられるな」と指導したことは広く知られている。「想定」とは、「地震学の知見に基づいて立てられた防災計画」である。それにとられるなという指導を受けた多くの小中学生が津波被害から免れた。逆に、津波の想定浸水域外とされた地域の避難所で、多くの方が被災された。この事実は、防災に関する限り、地震学が不確かな根拠に基づいた情報しか出せていなかったこと、更に、不確かな根拠に基づいた情報をそのまま信じ込んでしまったために被害が拡大したことを示している。「研究成果が防災に利用される場合には『不十分な点』を強調することこそが求められる。そうすることがその研究成果を下敷きにした防災施策の『不十分さの可能性』に思い至らせ、研究成果や防災施策を上手に利用することのできる市民的スキルを陶冶するために前提となる。」という今川（2012）の指摘は、非常に重要である。

不確かな根拠に基づいていながら情報の発信

を急ぐことは、防災に役立たないばかりではない。社会に害を及ぼし、更に「本物の地震学」を圧迫する。現在、プロジェクト研究に縛られてテーマを強制され、また、不安定期限付きポストに置かれている若い研究者も多い(例えば、山田, 2012; 福島, 2012)。国家によって主導されるプロジェクト研究は、「防災」を掲げることで予算が付き易い。そして、こうしたプロジェクト研究では短期間で成果を上げることが求められ、防災に役立たないことを証明したり、研究に時間を要することに言及したりすることは歓迎されていない。柔軟な思考を持つ若い研究者の長期的視野に立った自由な研究が、もしも「防災」を標榜したプロジェクト研究によって阻害されているとすれば、地震学にとっても社会にとっても、その損失は計り知れないくらいに大きい。

5. おわりに

地震学者が防災に貢献するために必要なことは、

- 1) 社会にとって何が必要かという想像力を持つこと、
- 2) 自分の守備範囲の研究をきちんと行うこと、
- 3) わかったことと共に、わからないこと(わかっていることの限界)もきちんと伝えること、
- 4) 他分野と連携して「知」を融合すること、という、ごく基本的な姿勢であろう。

これらのことは、チームの勝利に貢献したいと願っているサッカー選手に求められることと、非常に良く似ている。チームにとって何が必要なのかを考え、できる事とできない事を理解し合い、自分の役割をきちんとこなし、仲間と連携して戦う。省みれば、今までの地震学者は、味方にパスすることなく相手ゴールに向かって闇雲に突き進むプレイヤーに似ていた。

地震学者が失った信頼を回復するための道程は厳しいであろう。しかし我々はもう一度この原点に立ち帰って出直す必要がある。それ以外に地震学者が防災に貢献できる道は無い。

参考文献

Aki, K., 1967, Scaling law of seismic spectrum, *J. Geophys. Res.*, 72, 1217-1231.
青木重樹, 吉田康宏, 勝間田明男, 2011, 強震動の継続時間から見た破壊伝播の特徴, 日本地震学会 2011 年秋季大会, P2-42.
asahi.com, 2011, 地震の長期予測見直しへ 東海地震発生確率の根拠, asahi.com HP (2011.5.11 22:07).
中国地震考察団, 1976, 中国地震考察団講演論文集, 地震学会, 83pp.
藤原広行, 2011, 地震動予測地図の改良に向けての考察, 日本地震学会 2011 年秋季大会, B12-06.

深畑幸俊, 2012, 世紀の難問「地震予知」に挑む, 本論文集所収.
福島洋, 2012, 地震発生予測研究のこれから, 本論文集所収.
Geller, R. J., 2011, Shake-up time for Japanese seismology, *Nature*, 472, 407-409.
後藤和久, 2012, 物証にもとづく想定津波の検討を, 本論文集所収.
長谷川昭, 2012, 地震学研究者・地震学コミュニティの社会的役割 - 行政との関わりについて, 本論文集所収.
橋本学, 2012, 地震科学の目標・目的と説明責任, 本論文集所収.
Horiuchi, S., 2009, Home seismometer for earthquake early warning, 2nd Int. Workshop Earthq. Early Warning at Kyoto Univ.
堀内茂木, 堀内優子, 2011, 巨大地震の震度予測, 津波警報のための震源域リアルタイム推定, 日本地震学会 2011 年秋季大会, B22-11.
干場充之, 2011, 実時間モニタリングを用いた緊急地震速報の地震動予測手法の構築 - 広域同時多発地震と震源域の拡がりへの対応 -, 日本地震学会 2011 年秋季大会, B22-10.
今川一彦, 2012, 地震研究者コミュニティの社会との関わり方について, 本論文集所収.
今村文彦, 泉谷恭男, 首藤伸夫, 1991, 断層パラメータ即時推定法による津波数値予報の精度 - 1944 年東南海地震を例とした応力降下量に違いのある 2 枚の断層の場合 -, 地震第 2 輯, 44, 211-219.
岩田孝仁, 2012, 確率論的な地震予知では何も進まない, 本論文集所収.
Izutani Y. and T. Hirasawa, 1987, Rapid estimation of fault parameters for near-field tsunami warning, *Nat. Disast. Sci.*, 9, 99-113.
Kanamori, H., 1977, The energy release in great earthquakes, *J. Geophys. Res.*, 82, 2981-2987.
川勝均, 2012, トランスサイエンスとしての地震予知・長期予測, 本論文集所収.
気象庁, 2012, 津波警報の発表基準等と情報文のあり方に関する提言, (<http://www.jma.go.jp/jma/press/1202/07a/teigen.pdf>).
小泉尚嗣, 2012, 2011 年東北地方太平洋沖地震後における地震の予知・予測研究への批判について, 本論文集所収.
小山順二, 2012, やらなければいけなかったことやってよかったこと, 本論文集所収.
中村豊, 1996, 研究展望: 総合地震防災システムの研究, 土木学会論文集, No.531/I-34, 1-33.
中村豊, 2005, 早期検知と脱線, 土木学会第 28 回地震工学研究発表会論文集, Paper No. 115,

1-11 .

Nakamura, Y., 2009, Earthquake early warning and realtime earthquake disaster prevention, 2nd Int. Workshop Earthq. Early Warning at Kyoto Univ.

仲底克彦, 西前裕司, 岡田正実, 2003, 遠地地震のモーメントマグニチュードを STS2 地震計を用いて即時推定するための経験式 (II), 気象庁精密地震観測室技術報告, 20, 27-35 .

西前裕司, 仲底克彦, 岡田正実, 2002, 遠地地震のモーメントマグニチュードを STS2 地震計を用いて即時推定するための経験式, 気象庁精密地震観測室技術報告, 19, 57-79 .

野津厚, 2012, 確率論的地震危険度解析に過度の期待が寄せられることへの危惧, 本論文集所収 .

鈴木康弘・中田高・渡辺満久, 2012, 海溝型地震発生予測の課題 - 連動型地震モデルと海底活断層の矛盾 - , 本論文集所収 .

谷原和憲, 2012, 理科の地震学 社会科の地震情報, 本論文集所収 .

山田真澄, 2012, 地震学の知見を防災に生かす, 本論文集所収 .