

JISTEC REPORT

JAPAN INTERNATIONAL SCIENCE & TECHNOLOGY EXCHANGE CENTER QUARTERLY REPORT

SUMMER '10

vol.

76



- 日本のベンチャー育成事業は成功しているか
- ユビキタス社会にふさわしい基礎自治体のリスクマネジメント体制の確立
- ホログラムを用いた超高密度光メモリ



新原 皓一

長岡技術科学大学 学長

日本のベンチャー育成事業は成功しているか

世界単一の経済圏が成立するグローバル社会、勝ち組が全てをとるデジタル社会においては、個人が企業が国が豊かに生き残るためには激化する競争に打ち勝つ以外に道はない。別な見方をすると、21世紀は独創的なアイデアに基づく研究技術開発に成功した企業・グループ・個人が大成功を収める時代であり、個人の独創性を活かしたベンチャー企業の出現が容易になる時代になると考えられる。このような背景を基に大学にも1998年ごろからベンチャー企業創出が強く求められ始めたが、この要請は、特に日本が得意とする「ものづくり」分野において大きな成功を収めているとは思われない。その理由は何であろうか！ベンチャー企業育成において大きな成功を収めつつある韓国やフィンランドと比較しながら、日本の問題を考えてみたい。

韓国においては、1)1998年に生じた経済破綻に関連し、1999年に国立大学に関する種々の規制が大幅に実効的に撤廃された。2)この経済破綻により、国立の研究機関の研究者の約20%が職を失い、その多くが国公私立金融機関に移り、ベンチャー企業の資金申込みの審査・決定に大きな権限を与えられた。3)政府機関等の意志決定とその実行が数カ月で可能となる組織の大胆な変革、即ち、今の時代に最も重要な「スピード」に対応できる組織改革が行われた。4)経済破綻に関連して大学で働く研究者の意識に大きな変化が起これ、ベンチャー企業創出の機運が急速に拡大し、この規制撤廃から1年以内に6,000に及ぶ大学発ベンチャー企業が輩出した。

一方、日本においても大学に関する多くの規制の撤廃が進められ、2004年の国立大学法人化にともない規制の撤廃は加速された様に思われる。しかし、大学発ベンチャーの創出は、現実には期待したほど進んでいない。この理由は、韓国と比較すると、以下のようにまとめられるように思われる。(a)法人化後も国家公務員法に縛られ、積極的に企業への技術移転に関与したくとも、何処まで許されるのか明確な回答は得られず、積極的に動くのを躊躇せざるをえない状況が未だに残っている。(b)大学の法人化にともない大学に様々な新しい責務・義務が与えられ、大学教職員が極端に多忙になり、若

い教職員が疲れ切り、新しい発想に必要な時間を見出せない状況が生じている。(c)日本が得意な「ものづくり」分野でベンチャー企業を創立するためには、まず大きな資金が必要であること、また、事業を立ち上げて失敗した場合、周囲からの非難もさることながら負債・責務が過大になり過ぎ再びチャレンジしようにも士気が上がらない。このような条件・環境が日本での「ものづくり」分野へのベンチャー企業参画を難しくしているのではと考えられる。

しかし、日本でベンチャー企業創出が難しい理由としては、上記の表面的な理由以外に別次元の問題が存在するよう思われてならない。それは、日本では大学でも企業においても新しい企業創出に繋がる基礎的研究分野の成果が欧米に劣っているとの一般的な認識があり、この認識に基づいて各種の国の施策が立案されている事実がある。諸外国を歩き、例えば、技術移転とベンチャー育成が最も進んでいると著者が感じているフィンランドと比較してみると、実は、基礎的研究成果が不足しているのではなく、得られた多くの研究成果を起業化する想像力・構想力・展開力・立案力、即ち戦略・戦術力に問題が有り、これが日本でベンチャー企業創出が進まない真の理由であるように思われる。この問題を見過ごして様々な施策が立てられ、それが日本での問題解決に繋がっていないとすると、これは大問題である。

基礎的な成果を起業化に結びつける戦略・戦術不足が、最も大きな理由であるとする、1991年に日本経済のバブルが弾けて20年経過した今でも、その影響を引きずっている事実も同じ理由から来ている可能性がある。また、最近の日本の社会現象、特に「若者の内向き」傾向も同じような原因であるかもしれない。そうだとすると問題は深刻であり、今まで進められてきた日本の施策は、単に膨大で無駄の多い投資をしたことになり、即急に再考する必要がある。

この著者の私見が間違いであることを願っているが、そうではないかと思われる事例に会うことが多いのも事実である。この件に関して皆様の率直な意見を賜れば幸いである。

にはら・こういち

1941年 鹿児島生まれ。1943年 大阪大学大学院工学研究科原子力工学専攻修士課程修了、1943年～1986年 東北大学金属材料研究所助手・助教授、1979年～1981年 米国バージニア工科大学客員教授、1986年～1989年 防衛大学校物理教室・材料工学科教授、1989年～2005年 大阪大学産業科学研究所教授、2001年～2004年 大阪大学評議員、2003年 NPO-IMAGINE設立・会長、2005年3月 大阪大学定年退職・名誉教授、2005年～2009年 長岡技術科学大学教授・教育研究評議員・特任教授、2009年5月 日本セラミックス協会会長、2009年9月 長岡技術科学大学学長

ユビキタス社会にふさわしい 基礎自治体の リスクマネジメント体制の 確立

浦川 豪 ●京都大学生存基盤科学研究ユニット 助教・博士（工学）
林 春男（京都大学防災研究所）



うらかわ・ごう

2000年3月 横浜国立大学大学院工学研究科 計画建設学博士課程後期修了後、2000年4月から2001年9月 株式会社防災都市計画研究所 特別研究員、2001年4月から2003年3月 横浜国立大学共同研究推進センター 客員助教授、2002年12月から2005年3月 京都大学防災研究所 COE研究員、2005年4月から2006年3月 京都大学防災研究所 研究員を経て現在に至る。

■主な活動

2004年新潟中越地震、2005年福岡西方沖地震、2007年能登半島地震、2007年新潟県中越沖地震発生直後から被災地へ赴き、被災自治体の災害対応を支援する情報システムの実装等の経験を通して被災現場で役に立つ地理空間情報・GISを利用した情報システムの構築を行っている。
また、危機発生時と平常時の連続性を考慮し、危機に強い基礎自治体の情報基盤構築のための全庁的なGISの活用方策を推進し、京都府宇治市、福岡県直方市、石川県輪島市、新潟県柏崎市の全庁型業務指向のGIS構築に貢献している。

ICTの進展、普及によって技術的にユビキタス社会が到来しました。それによって、社会は多大な便益を享受できると予想されます。その一方で、ユビキタス社会は現行の社会体制に変革をもたらす可能性も多いと予想され、現行制度の維持という観点からは新しいリスクとして存在しています。ユビキタス社会の到来は不可逆的な変化である以上、社会としての達成目標はリスクの影響を最小限にとどめつつ、その便益を享受するというバランスをはからざるを得ません。ICT技術の導入に伴うリスクと便益のバランスを考えるために、以下の3点を考慮する必要があります。と考えてます。

- ①「ICT技術に関する社会的受容の促進」するために、ICT技術の導入によって社会が便益を実感できる社会サービスをどのように開発するか
- ②「ICT情報関連リスクマネジメントの促進」するために、ICT技術がもたらすリスクの明確化や法制度をどのように整備するか
- ③「ICT技術に関する社会的受容の促進」と「ICT情報関連リスクマネジメントの促進」の両面をどのようにバランスをとるか

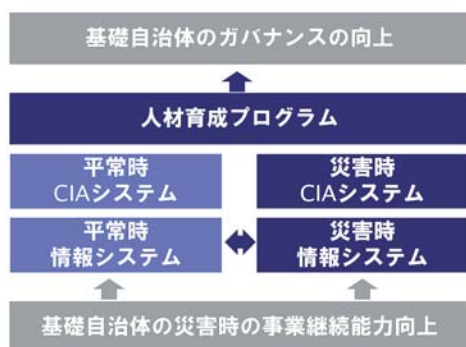
我々の研究チームでは、地理空間情報とGISを活用した災害対応を支援する情報システムの開発を進め、2004年の新潟県中越地震の際の小千

Contents

JISTEC REPORT ● 76



02	巻頭言 日本のベンチャー育成事業は成功しているか ●長岡技術科学大学 学長／新原 皓一	15	JISTEC NEWS ▶第26回総会開催
03	ユビキタス社会にふさわしい基礎自治体のリスクマネジメント体制の確立 ●京都大学生存基盤科学研究ユニット 助教・博士（工学）／浦川 豪	16	外国人研究者用宿舎／ 二の宮ハウス・竹園ハウス
09	TOPICS ホログラムを用いた超高密度光メモリ ●豊橋技術科学大学大学院 フェロー教授／井上 光輝	19	外国人研究者からのMessage グローバル社会における教育の国際化



▲図1：平常時と災害時の連続性を考慮した基礎自治体のガバナンス向上

谷市を皮切りに、2007年の能登半島地震の際の輪島市、同じく2007年の新潟県中越沖地震の際の柏崎市での被災自治体の災害対応に活用されてきました。そこで目指したものは、被災者の効果的な生活再建実現に向けて、「被災者台帳」にもとづいて個々の被災者のニーズに応じた総合的な施策を全庁的に推進できる情報基盤を構築することでした。

我々の専門とする研究領域とユビキタス社会到来による上記の問題意識に基づき、「災害時の被災者に対する生活再建支援」を事例として基礎自治体を核とした地域のステイホルダーによる「ユビキタス社会の便益を享受しつつ、リスクの最小化を行うガバナンス能力の向上」を達成目標とした研究開発を行いました。

2年半の本格研究において進めてきたのは、1)ユビキタス社会における新たな情報システムの開発：Geo-Wrapデータベース技術の開発と実装、2)C.I.Aの保持のための体制・制度の構築：C.I.Aの観点からの現状の情報処理システムの検証、3)人材育成プログラムの開発：人材育成のための達成目標の明確化ならびに教育プロセスの構築の3つの課題であり図1で示すように、平常時と災害時の連続性を考慮した基礎自治体のガバナンス向上に資するものです。

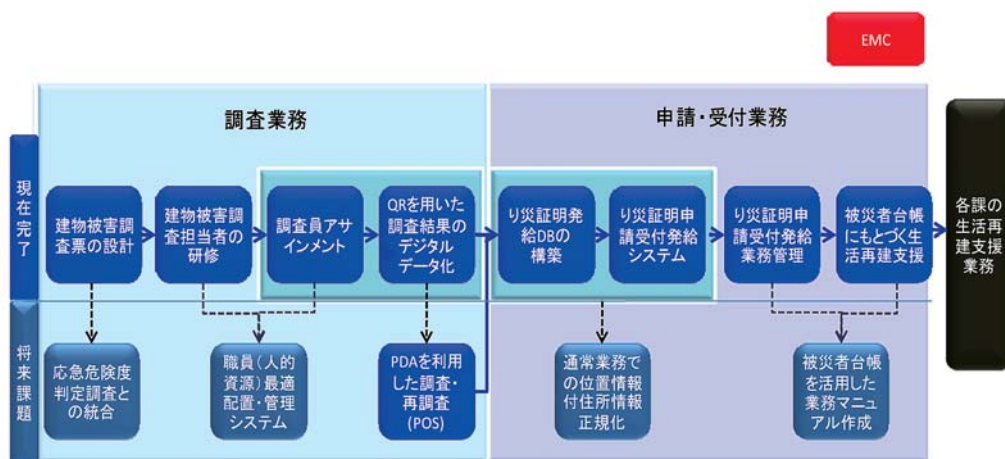
被災者生活再建支援システムの全体像

災害発生後の効果的な生活再建の実現には、「被災者台帳」（被災者の被害の状況と被害を受けた人、被害を受けた建物を連携した位置情報が付与された台帳）にもとづいて個々の被災者のニーズに応じた総合的な施策を全庁的に推進することが必要となります。その前提として、建物被害認定調査からり災証明発給までの災害対応業務があります。2004年の新潟県中越地震の際に小千谷市を皮切りに、2007年の能登半島地震の際の輪島市、同じく2007年の新潟県中越沖地震の際の柏崎市での災害対

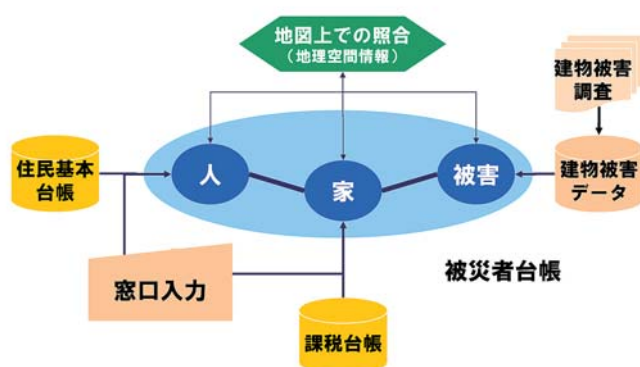
応での被災者台帳の活用実績に基づき、地理空間情報を通して人・家・被害を結びつける被災者台帳の構築を可能にする図2に示す被災者生活再建支援システムを構築することができました。

まず、被災地の建物を効率的に調査するためには建物被害調査票を設計し、応援職員等の建物被害調査担当者の研修プログラムを開発しました。2007年の新潟県中越沖地震の際の柏崎市では、約64,000棟の建物を約3週間で調査しました。次に、調査した調査票をデジタル化し、地理空間情報を付与することが必要不可欠となります。これまで被災地では紙の調査票のデータベース化が、情報処理面の最も大きな課題であったため、PDAを利用した調査支援システムの開発及び紙の調査票にQRコードを付け、OCR技術を用いて効率的にデータベース化する手法を開発しました。そうして「被害」に関して作成された建物被害調査結果データベースと、「家」に関する家屋課税台帳、そして「人」に関する住民基本台帳を連携させることが次の段階です。基礎自治体の基幹データベースである家屋課税台帳と住民基本台帳は、平常時は個別に管理されているデータベースであり、共通キーによる

テーブル結合等結合不可能なデータベースです。図3で示すように、地理空間情報を利用し、必要なデータベースをゆるやかに統合する技術（Geo-Wrap）を開発しました。これらの要素技術をもとに、り災証明発給の業務マネジメントシステムを構築し、被災者台帳を完成させ、その後に同時並行して展開される様々な生活再建支援業務を連携させ「取り残しのない生活再建支援」を柏崎市では実現



▲図2：被災者生活再建支援システムの全体像



▲図3：Geo-Wrapによる台帳間のゆるやかな結合

することができました。

Geo-Wrap技術を用いた被災者台帳作成の有効性は示されたとしても、それだけの目的では各自治体が導入することを難しいのが現実です。平常時から各種の調査業務や申請・受付業務の中でGeo-Wrap技術にもとづく情報基盤を活用することの有効性を例示することが必須です。そのために、多くの行政業務の基本となる住所情報と地理空間情報を上手く連携させる仕組みを構築しました。

また、これらの災害対応業務の成果を被災地の災害対策本部では、被害、復旧・復興に関する最新情報として収集・集約し、災害対策本部における状況認識の統一を図り、直面している課題解決に向けた意志決定を行います。そのための地図による可視化のしくみをEMC（Emergency Mapping Center）として構築しました。

被災自治体におけるGeo-Wrapデータベース技術の開発と実装

災害発生後の被災地の基礎自治体では、膨大な量の情報を新規に収集・集約し、早急にデジタルデータ化しなければなりません。また、これら新たに作成されたデータを種々の台帳とつなぎ合わせることで、震

災後の被災者を支援するためのデータベース（台帳）を構築しなければなりません。基礎自治体では、建物被害認定調査結果を効率的に情報処理し、建物被害の台帳を作成します。その後、被災者と対面し、

り災証明証を発給することになり、被災した「家屋（所在地）」、その「被害程度」、そこに住む「住人」に関する情報を連携させるデータベースと、窓口で検索できる仕組みが必要となります。一般的に、基礎自治体では、「家屋」は家屋課税台帳、そして「住民」は住民基本台帳で管理されており、個人情報保護、目的外使用等から共通のリンクキーを持ちません。3つの台帳を統合する唯一の方法は地理空間上で統合することであることが分かりました。また、被災地で収集した地理空間情報のほとんどは、図4のように、位置精度等が異なり、重ね合わせによる串刺しも困難でした。これらの情報を統合するためには、窓口を利用した「ゆるやかな結合」しか方法が無いことに至りました。



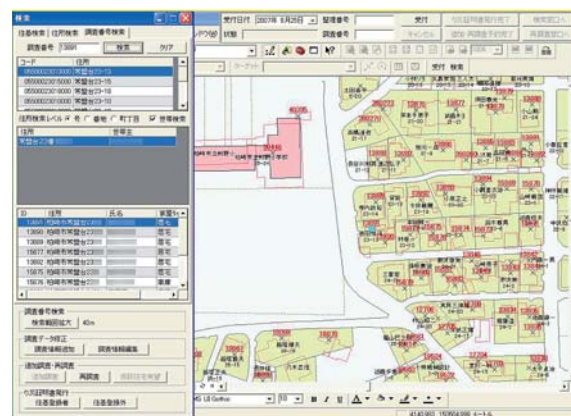
▲図4：データのずれ

た。被災した「家屋」の所在地とそこに住む「住人」を識別でき、かつその家屋に関する「被害程度」など、被害認定調査票に記載された内容が正しいかどうかを最も正確に評価するのは、当事者（被災者）であることを上手く利用し、図5で示すり災証明申請・発給窓口において、「この辺」という曖昧な空間内の候補を絞り込み被災者と対話を通して確認する手法を開発しました。

平常時におけるGeo-Wrapデータベース技術の実装と効果の検証

地震災害で被災自治体となった小千谷市、輪島市、柏崎市におけるGeo-Wrapデータベース技術を開発した成果として平常時から地理空間情報付データベース構築するとともに、住民基本台帳、課税台帳と連携することができる仕組みが必要であることが明らかになりました。平常時の自治体業務で使われている住所情報を利用し、住所の正規化、住所コード化を行うことで、災害時の被災者台帳構築のための事前に準備ができるとともに平常業務の効率化・高度化に貢献できることが分かりました。

平常時の宇治市においてGeo-Wrapデータベース技術を平常業務に応用



▲図5：り災証明申請・発給アプリケーション

し、平常時から基礎自治体のガバナンスを向上させるための情報処理基盤を構築しました。図6で示すように、文字列である庁内で統一した標準的な住所情報（正規化済住所情報）を一意的IDとして自動的に住所コード化し、位置情報と関連させ、位置情報の持つ緯度・経度やX,Yの情報と連携させる仕組みです。スプレッドシートは、ドロップダウンリストで住所情報を選択し、自動的に住所コードに変換する方式としました。住所情報を正規化し、統一表記形式とし、全庁利用することで、危機に強い情報処理の仕組みの基盤となるだけでなく、平常時の業務効率化・高度化につながります。また、図7のように、データ整備の段階から100%精度の基盤データを構築するのではなく、実務者が業務遂行の過程でアドレスマッチングの処理が不可能であったデータを発見し、システム管理者と連携して修正し、データの精度を継続的に向上させる仕組みとし、被災自治体におけるり災証明発行窓口の情報処理を応用しています。宇治市での実証実験では、多くの平常業務で地理空間情報付台帳を構築し、検索、表示、地図や個票作成、企画立案等に利用し、業務効率化・高度化に貢献することができました。また、

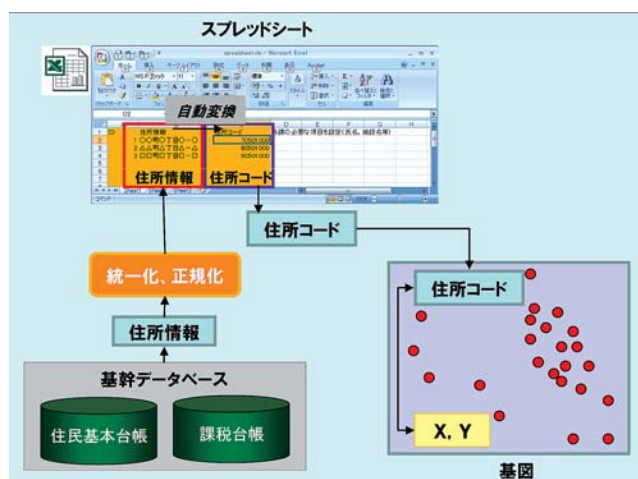
データ1点あたり2.48分の時間短縮、96円のコスト削減につながりました。1,000件のデータ作成の場合、約46時間の作業時間短縮、約10万円のコスト削減が見込まれます。

C.I.Aの観点からの被災者生活再建支援システムの検証

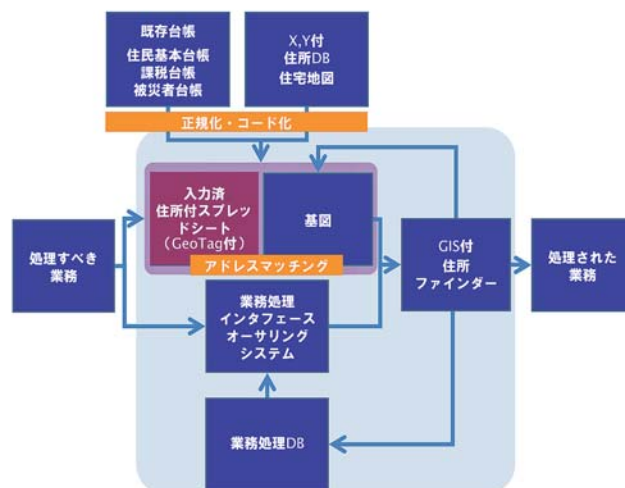
被災者生活再建支援システムは大きく2つのフェーズに分けることができます。図8で示すように、建物被害認定調査を実施し、り災証明書の発行によって「被災者生活再建支援台帳」を作成するまでの「台帳構築フェーズ」と調査・申請受付を経て、「被災者生活再建支援台帳」をマスターデータベースとして、各種支援業務が行われる「被災者生活再建支援業務の実施フェーズ」との2つのフェーズです。この2つのフェーズでは業務に求められる要求が全く異なります。「台帳構築フェーズ」では、調査の実施から台帳の確定までの作業（柏崎市では約64,000棟の調査と60,000枚のり災証明書の発給）を短期間でかつ正確に進めることが求められる。それに対して、「被災者生活再建支援業務の実施フェーズ」では、数々の支援業務を長期間継続的に実施する

が必要となります。また、支援業務は複数の部局で個別に行われるために支援毎にデータベースの構築・管理が必要となります。

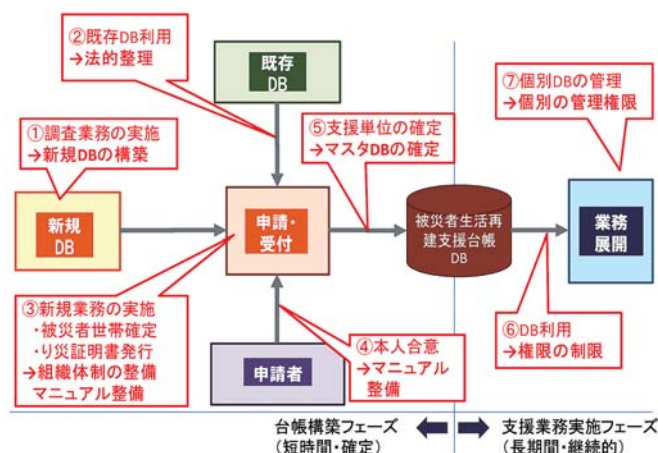
セキュリティ管理を、組織体制や人材育成や教育による「体制によるセキュリティ管理」と情報システムにおける権限やセキュリティ対策といった「情報システムによるセキュリティ管理」に分けて考えた場合、「台帳構築フェーズ」では、時間的な制約と業務の不確定により「Availability（可用性）」を重視した「体制によるセキュリティ管理」が重要です。その反面、長期的に継続した業務遂行が必要な「被災者生活再建支援業務の実施」フェーズでは、「Confidentiality（機密性）」を重視する「情報システムによるセキュリティ管理」が重要となります。また、いずれのフェーズにおいても「Integrity（完全性）」の確保が必要不可欠です。特に、「Integrity（完全性）」については、図9で示すように、状況が常に変化する非常時において意思決定機能（戦略レベル）として「取り残しの無い生活再建支援を実施する」という方針に従って、「どのようにして説明責任と予見性を持つプログラムとして実現するか」といった企画立案機能（戦術レベル）における完



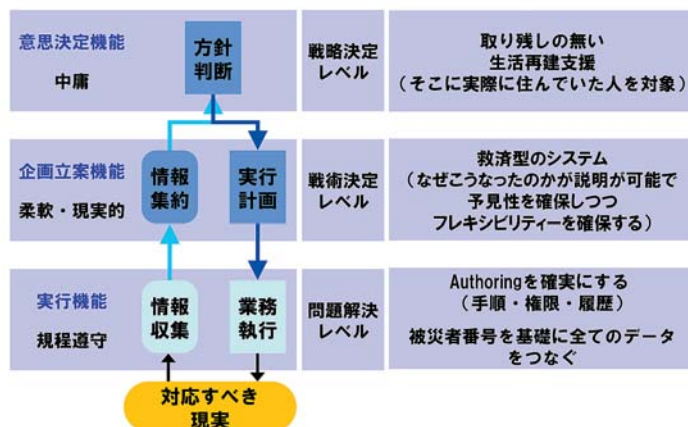
▲ 図6：Geo-Wrapデータベースの平常業務への適用



▲ 図7：Geo-Wrapデータベースの利用フロー



▲ 図8：C.I.Aの観点からの被災者生活再建支援システムにおける課題の整理



▲ 図9：被災者台帳に基づく被災者支援の完全性の確保

全性の確保が重要となります。それに対して、現場における実行（問題解決レベル）では、被災者台帳への参照の「手続きを明確化すること（手順・権限・履歴管理）、個別業務データベース間の整合性を確保すること（キー項目・データ項目）」が重要です。このように、目標や役割に応じて求められるC.I.Aが異なり、状況に応じて柔軟に対応できる仕組みが非常時には求められます。

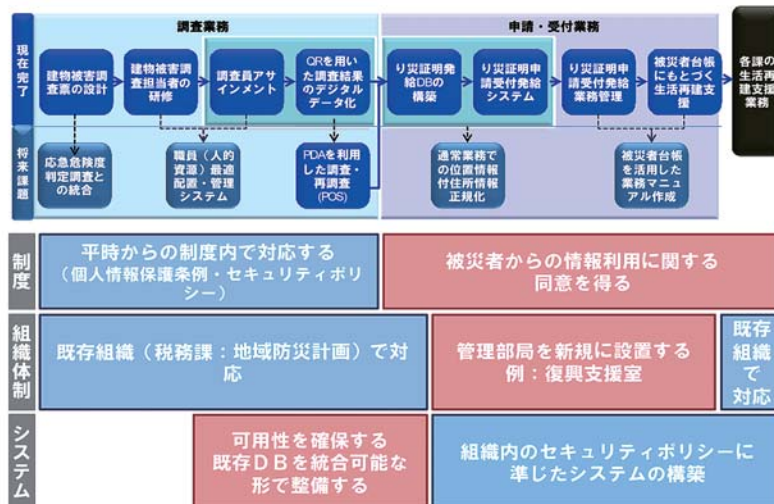
これまで行ってきた「被災者生活再建支援システム」におけるリスクマネジメントを、「制度」、「組織体制」、「情報システム」に分けて考察した結果を図10に示します。

「制度」においては、情報を利用する場合の「個人情報保護条例」と情報を管理する場合の「セキュリティポリシー」が考えられます。地震が発生した場合に、被災証明書は必ず発行されます。このことは事前に分かっていることであり、そのために必要となる業務や情報が特定可能です。そのため、平常時から、災害発生時のデータ利用について制度化することができるはずです。一方、各生活再建支援業務は、多種多様な業務内容であること、様々な特定処置等も発生し、事前の制度化は困難です。しかし、被災証明申請受付時に「本人合意」の中で、このよう

な情報の利用目的を明示し、本人の同意を取ることが解決策となります。「組織体制」は、地域防災計画に被災証明発給までの組織体制を明示し、その後組織横断型で対応を行う生活再建支援業務に対して、新たな組織として「復興支援室」を立ち上げることを事前に決めておく必要があります。情報システムでは、災害発生後の混乱した状況のもと現場において、調査からデータベース構築といった作業を、短時間でかつ、人的にも物質的にも限られた資源の中で行っていかなければならないという制約条件を考慮することが必要不可欠となります。被災証明書発給に必要な情報は事前に整理できることから、そ

のような事態を想定して平時からデータを結合可能な形で整備しておくことが有効です。一方、生活再建支援業務においては、長期間に渡り継続的に利用されることを考えると、平時と同等のセキュリティレベルによる設計と構築・運用が求められます。

被災経験を持つ自治体担当者へのヒアリングやシステムを管理していた担当者からのヒアリング等で課題となった事項を整理することによって、一定のセキュリティレベルを確保したまま、平時の業務から非常時における業務への移行ができることを示すことができました。



▲ 図10：「被災者生活再建支援システム」におけるリスクマネジメント

人材育成のための 達成目標の明確化ならびに 教育プロセスの 構築

人材育成プログラムの開発では、3つのプログラムを開発した。1つ目は、図11で示す、これまで経験等で行ってきた基礎自治体の業務、災害対応業務の可視化手法（BFD）を習得するためのプログラムです。2つ目はGeo-Wrapデータベースを平常業務から上手に利用するためのプログラム（スプレッドシートからはじめるGIS）、3つ目は生活再建支援システムの具体的内容と情報処理について習得するためのプログラムです。

1つ目のプログラムは、奈良県橿原市、大阪市水道局で採用され、具体的な業務可視化によるマニュアル作成、組織体制の見直し等の成果が得られました。2つ目のプログラムは、宇治市の平常時の職員研修に利用されています。3つ目のプログラムでは、平成21年11月30日に約50名の実務者（東京都、東京都の基礎自治体、宇治市、奈良県、滋賀県等）

が参加し、災害対応業で実施すべきこと、被災地で起こる情報処理の課題、課題解決方法を実務者は学ぶことができた、アンケート調査結果からも分かりました。さらに、平成22年2月4日、5日に横浜で開かれた震災対策技術展に出展し、写真1のように、274名が我々のブースに訪れました。

成果の今後の展開

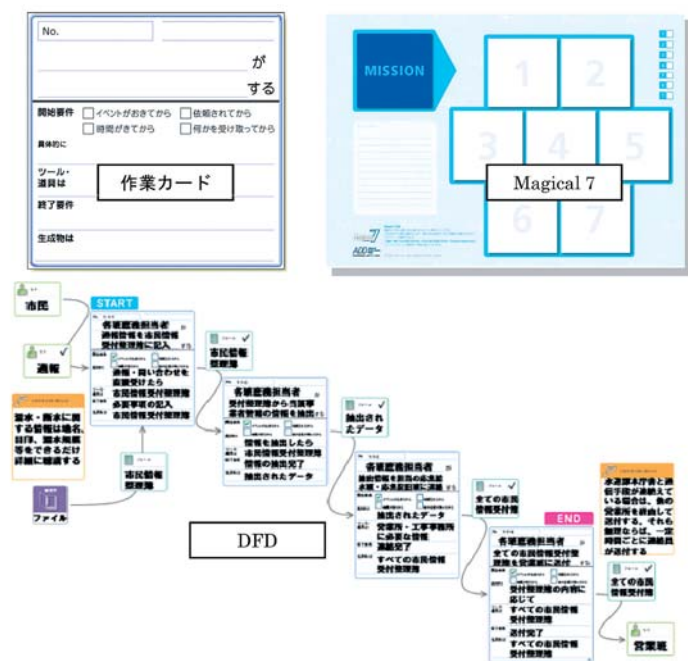
Geo-Wrapデータベースを中核とした被災者生活再建支援システムを構築し、全国の基礎自治体で実装可能な標準的仕組みとなりました。また、CIAの観点からの被災者生活再建支援システムを検証することができました。被災自治体と平常時の基礎自治体の現場での実証実験、実装を通して平常時から災害時へのシームレスなシステム移行を前提としたリスクマネジメント体制を確立することができました。

我が国では、30年以内に東海・東南海・南海地震の発生確率が極めて高いと報告されています。首都直下

地震も30年以内に発生する確率が70%と報告されており、最悪シナリオである東京湾北部地震では被害は1都3県の広域に渡ります。災害対応が長期に渡り多くの自治体で同時並行して進められるとこになります。本研究成果の全国的な普及を目指すことが我々の使命だと考えております。

【参考文献】

- 吉富望他：災害対応業務の効率化を目指した災証明書発行支援システムの開発-新潟県中越地震災害を事例とした新しい被災者台帳データベース構築の提案、地域安全学会論文集, No.7, pp.141-150, 2005.
- 井ノ口宗成他：被災者基本台帳に基づいた一元的被災者生活再建支援の実現-2007年新潟県中越沖地震災害における「柏崎市被災者生活再建支援台帳システム」の構築-, 地域安全学会論文報告集, No.10, pp.553-564, 2008.
- 青木和人：地方自治体の清掃部門における統合型GISの利用可能性, GIS学会GIS-理論と応用 Vol.16 No.2, pp. 137-146, 2008.
- 東田光裕他：QRコードを利用した位置情報取得システムの開発, 地域安全学会論文集, No.11, pp.355-362, 2009.
- 浦川豪他：位置情報に基づく災害対応業務を効果的に遂行するための標準的な情報処理手法の確立, 地域安全学会論文集, No.11, pp.299-308, 2009.
- Katsuyuki MATSUOKA etc, GIS-based Damage Certificate Support System Based on Recent Earthquake Experience, Journal of Disaster Research, Vol.5, No.1, pp. 5-11, 2010
- Norihiro TONOSAKI etc, Mobile GIS Application Development for Emergency Damage Assessment in a Disaster, Journal of Disaster Research, Vol.5, No.1, pp. 54-65, 2010





井上 光輝

●豊橋技術科学大学大学院 フェロー教授
電気・電子情報工学系長、同専攻長

ホログラムを用いた超高密度光メモリ

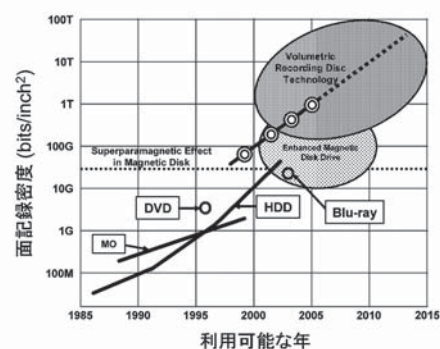
ブルーレイが家庭で利用されるようになり、その次の世代の光メモリ開発が活発化しています。第四世代の光メモリの方式にはいくつかのものが提案されていますが、とりわけホログラムメモリと呼ばれる新しい光メモリが注目されています。特に、DVDやブルーレイなどの光ディスクとの互換性のある、コリニア方式ホログラムメモリが期待されています。本稿では、科学技術振興機構のCRESTプロジェクトや文部科学省キーテクノロジー事業で開発したホログラム光ディスクメモリを紹介します。

1. 光メモリの展開

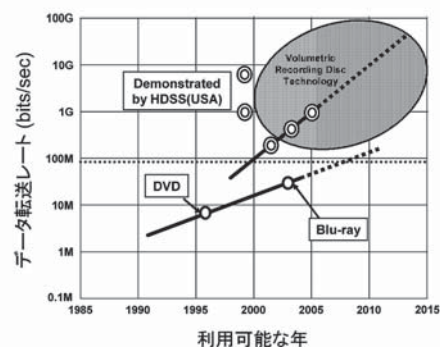
情報通信技術の普及によって、テラバイト級の大規模情報を高速に記録再生できる光メモリの実現が熱望されています。この候補技術として、ホログラムを用いた高密度光情報記録技術があります。ホログラムメモ

リは過去何度もチャレンジされてきた技術ですが、装置を構成するレーザや空間光変調器、あるいはCMOSイメージセンサなどの光学機器の発展に伴い、にわかに再認識されるようになってきました。特に、1994年頃から行われた米国の2つのプロジェクト（PRISMとHDSS）では、デジタルページデータをホログラムとして体積的に記録する方式について、記録材料や記録システムの広い範囲で重要な成果が得られています。最近では、これらの成果を基礎として、光ディスクメモリへの応用も国内外で検討されるようになりました。

図1に、いくつかの記録方式について、面記録密度とデータ転送レートのマイルストーンを示します⁽¹⁾。情報ストレージは、高密度記録と高データ転送レートの両者を同時に満たすことが重要ですが、ホログラムメモリは正にこの要求を満たしており、これがホログラムメモリの実現が望まれる理由です。



(a) 面記録密度と利用可能な年



(b) データ転送レートと利用可能な年

▲図1：面記録密度 (a) とデータ転送レート (b) のマイルストーン

いのうえ・みつてる

1983年 豊橋技術科学大学大学院修士課程了（電気・電子工学専攻）。同年大阪府立高専電気工学科講師。同助教授を経て、1993年 豊橋技術科学大学電気・電子工学系講師。同助教授を経て、1997年 東北大学電気通信研究所助教授。2001年 豊橋技術科学大学電気・電子工学系教授。2008年 同フェロー教授。この間、科学技術振興機構研究員、産業技術総合研究所客員研究員、スタンフォード大学客員教授、モスクワ大学客員教授。2008年 文部科学大臣表彰・科学技術賞（研究部門）、2007年 日本応用磁気学会優秀研究賞、2004年 市村学術賞、船井情報科学振興賞などを受賞。もっぱら磁気やスピン現象を中核にして、様々な物理現象との相互作用現象に関係する材料開発、デバイス開発を手掛けている。最近の研究課題は、磁気光学空間光変調器、磁性フォトニック結晶、マクノニック結晶、磁気表面弾性波デバイス、磁気ホログラムメモリなど。

本稿では、ホログラムを用いた光ディスクメモリについて過去からの経緯を簡単に紹介した後に、我々が行ってきたコリニア・ホログラフィ光ディスクメモリ^(2,3)の開発について述べます。なお、ホログラフィについては、優れた書籍⁽⁴⁾が多く刊行されていますので、詳細はそちらを参照していただくこととして、ここではメモリへの応用を意図した研究の紹介に焦点を絞ります。

2. ホログラフィ

よく知られているように、ホログラフィの物理的な原理は、2つの光ビームにより形成される位相干渉パターンをデータとして記録し、その後、一方の光ビームを記録パターンに照射して他方の光ビームを再生することにあります。ホログラフィの原

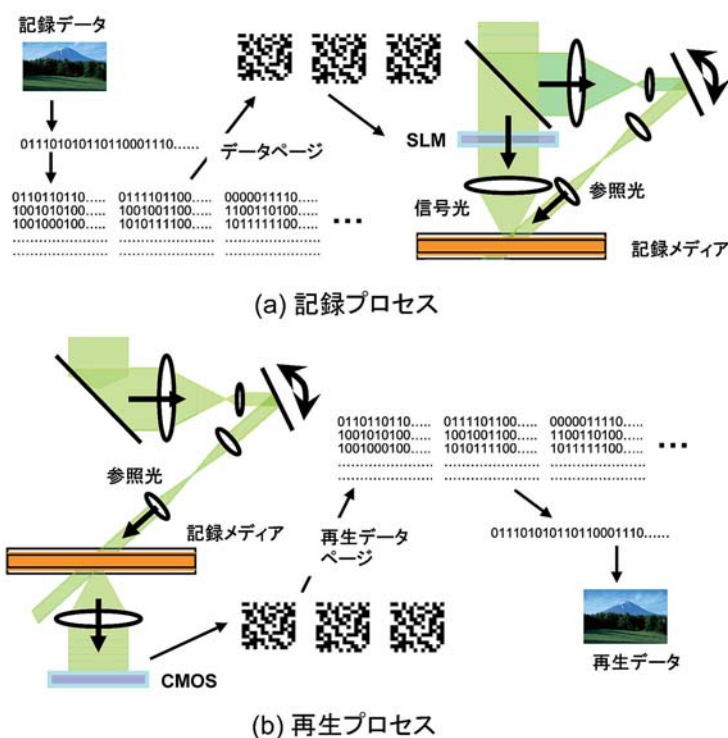
点は古く、1894年にLippmann⁽⁵⁾が光ビームを干渉させることでカラー写真形成を試みたことに端を発すると言われています（干渉ヘリオグラフィ：この手法は、1960年代になってメモリへの応用が検討されています⁽⁶⁾）。1948年にGabor⁽⁷⁾は、回折した波とコヒーレントな波とを位相干渉させることで、回折波面の位相情報を記録できることを示しました。この手法がホログラフィで、当時はX線像の拡大に有効と期待されましたが、コヒーレントなX線源がなく、その検証はアークランプを用いた可視光で行われました。その後レーザの発明によって、ホログラフィはイメージ情報の記録・再生に一般的な手法となり、1963年にHeerdenによってホログラフィ法によるデータストレージの概念が構築されました⁽⁸⁾。Heerdenは光ビームの角度や波長を変えるこ

とでホログラムの多重記録にも言及していますが、実際に角度多重が情報ストレージに応用されたのは1973年になってのことでした⁽⁹⁾。

3. ホログラムメモリ

一般的なホログラフィは、3次元物体から散乱された光を記録し、その記録情報を可視化して再生します。一方、前述したデジタルページデータを用いるホログラフィは、空間光変調器（Spatial Light Modulator: SLM）と呼ばれる小さなディスプレイからの情報光を利用します。SLMはプロジェクターなどに多用されるマイクロデバイスで、15 μ m角程度の小さな画素が1,000 \times 1,000ほどの数で2次元配列して画像を表示します。ホログラムの記録は、この画素の白黒をバイナリデータの“1”、“0”に対応させて、図2(a)に示す方法で行われます（同図は二光束干渉法）：画像データから得られるバイナリビット列にエラー訂正用のコードを付加したデジタルデータを2次元配置し、SLMに表示します。SLMによって変調した光を信号光として（一般には、SLMと記録材料との間にレンズを挿入して、SLMのパターンをフーリエ変換して記録します）、参照光との位相干渉パターンを記録します。通常、参照光の入射角度や波長を変えて、同一場所に多数のホログラムを重ねて記録します。これはホログラムの多重とよばれ、記録材料の特性や厚さに依存しますが、数百から数千に達するホログラムを多重できます。

情報の特定のページの再生は、同図(b)に示すように、記録した媒体（ホログラム）にそのページを記録する際に使用した参照光を照射して行い



▲図2：二光束干渉法によるホログラムデータストレージ

ます。角度多重の場合は、対応する参照光の方向が選択されます。この照射された光は、記録されたすべてのホログラムと相互作用しますが、ホログラムは角度多重された各々の参照光に整合した構造をもつので、特定の参照光（方向）のみがその対応する構造から回折されます。回折された光の波面は、当該ページを記録した際のSLMから来た光波面に等価で、CMOSなどの2次元光検出器で受光して電子的な信号に変換します。各々のページは対応する参照光によって独立に再生できます。記録の際にレンズを使用した場合には、当該レンズに等価なレンズを記録媒体と受光器との間に挿入し、逆フーリエ変換により適切なページデータを得ます。

ホログラムメモリは、1960年代から1990年代にかけて様々なものが開

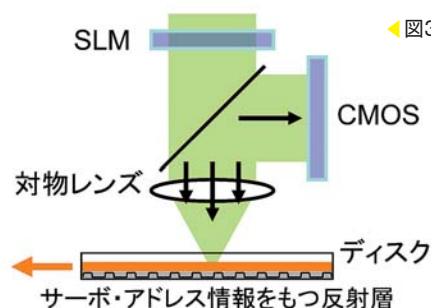
発されてきました⁽¹⁰⁾。しかし、記録材料の感度やダイナミックレンジが不足していたことや、レーザ、SLM、CMOSを含む光学機器・デバイスが高価であったこと、更に光学系が複雑で既存のCDやDVDなどとの整合性がまったくなかったことなどから、今でも実用化には至っていません。

ところが最近、前述したPRISM・HDSSプロジェクトの成果として、収縮率が小さい厚いフォトポリマ材料や、感度が極めて高いフォトポリマ材料などが現れ、新しいホログラム記録材料として一躍脚光を浴びました。我国でも、NEDOプロジェクトやCRESTプロジェクトあるいはMEXTキーテクノロジー事業で高感度・高ダイナミックレンジを有するいくつかのフォトポリマ材料が開発され、ホログラム記録材料の開発が活発化しています。一方、優れた性

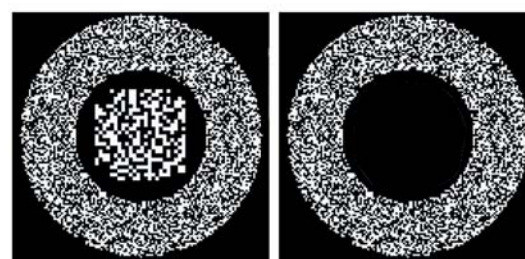
能を有する比較的安価な光学機器・デバイスも市場で容易に得られるようになり、ホログラムメモリの実用化がにわかに注目されるようになりました。

4. コリニア・ホログラフィ

ホログラム記録には、図2で紹介した二光束干渉法がよく用いられますが、この方式は光ディスク技術との整合性があまりよくありません。この難点のない方式として、SLMをホログラムの記録と再生の両者に用いるコリニア・ホログラフィ法があります。この方式は、図3に示すように、プリフォーマットした反射層をもつ光ディスクに、見かけ上、一つの光ビームでホログラムの記録・再生を行うもので、CDやDVDなどの光ディスクで用いられているフォー

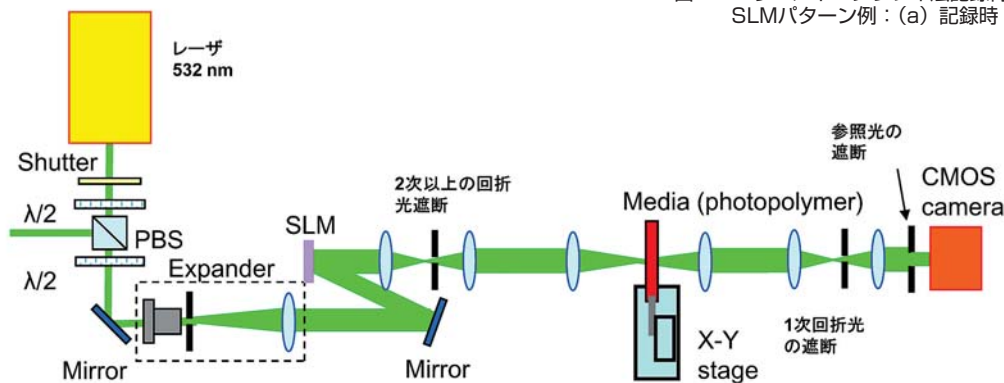


▲図3：コリニアホログラフィ法による光ディスクメモリの構成



(a) 記録時のSLMパターン (b) 再生時のSLMパターン

▲図4：コリニアホログラフィ法記録再生時のSLMパターン例：(a) 記録時 (b) 再生時



▲図5：透過型コリニア・ホログラフィ光学系（TUTスタティックプラットフォーム）

カス・サーボ技術がそのまま利用できます。

図4(a)、(b)は、コリニア・ホログラム記録・再生時のSLMパターンの一例です。記録時には、中心部と外周部に分離したページデータを用い、中心部を記録データ、外周部を参照光形成に用います。それぞれの部分から射出する光を1つの対物レンズで記録メディアに集光して両者の位相干渉パターンを記録します。再生時はSLMに外周部のみを表示させ、記録ホログラムから記録データ（中心部）を回折光として取り出します。

図5はコリニア・ホログラフィの基礎的性質を調べるために構築した透過型光学系です。焦点距離25mmのレンズを用い、記録メディア表面での光スポット径は約800 μm です。同図から分かるように、記録メディアに対する入射・出射光は見かけ上

1つで、シンプルな構成となっています。この光学系について、図6に示すSLMパターンを用い300 μm 厚のフォトポリマへの記録再生特性を調べました。

コリニア・ホログラフィでは、ホログラムの多重にシフト多重を用い、光スポット位置を空間的にわずかにずらして記録再生を行います。図7は、図5の光学系を用いて、記録材料中央に書いたシングルホログラムを材料面内で空間的にシフトさせながら再生した像の2次元マップです。中心から3 μm シフトさせるだけで再生像が消えることから、これ以上の空間シフト量を用いることで、クロストークのないホログラム多重が可能であることを示唆しています。

図8はこの結果をビットエラーレート（BER）と再生像輝度（Image brightness）の観点から定量的にまと

めたものです。中心のシングルホログラム位置で、BERは訂正可能範囲の10⁻²オーダーですが、わずかなシフトで10⁻¹オーダーとなっています。一方、イメージ輝度は、信号光の高次光の影響により、シフト量 $\pm 16 \sim 20 \mu\text{m}$ の範囲に複数のピークが見られます。このような輝度変化は光学系を工夫することで取り除くことができますが、コリニア・ホログラフィの特徴として再生時にもSLM変調光を利用するので、SLMイメージを操作して輝度とBERとを制御できます。実際、図9に示すように、記録時の参照光SLMイメージと再生時の参照光SLMイメージとの相関度を変えることで再生像のクオリティが大幅に変化し、相関値が50%程度で10⁻²オーダーのBERが得られました。この性質はホログラムシフト多重時のクロストーク低減に有効と言えます。

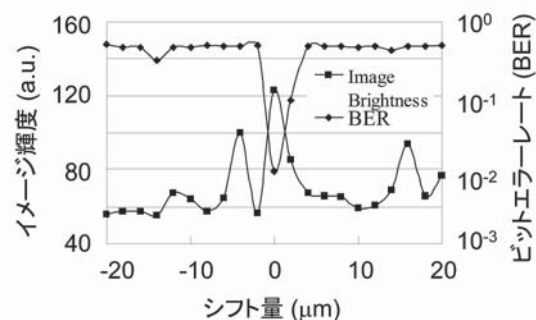
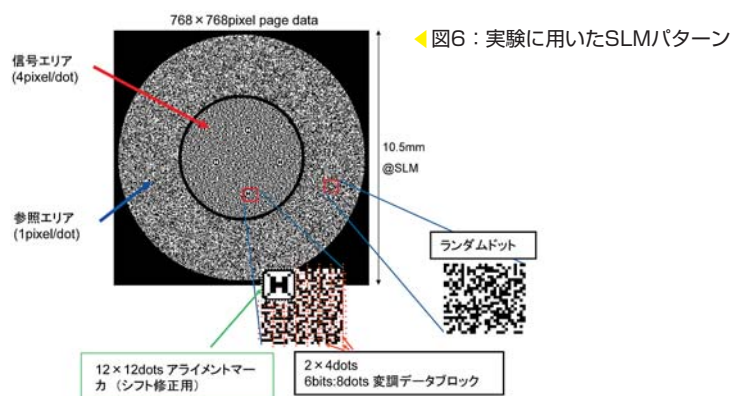
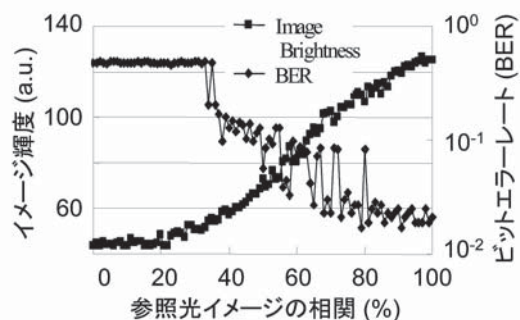
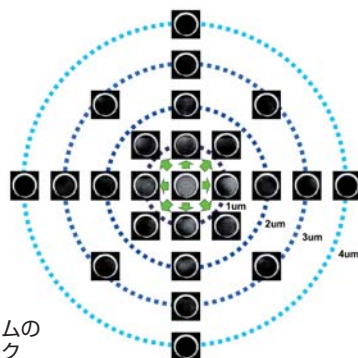
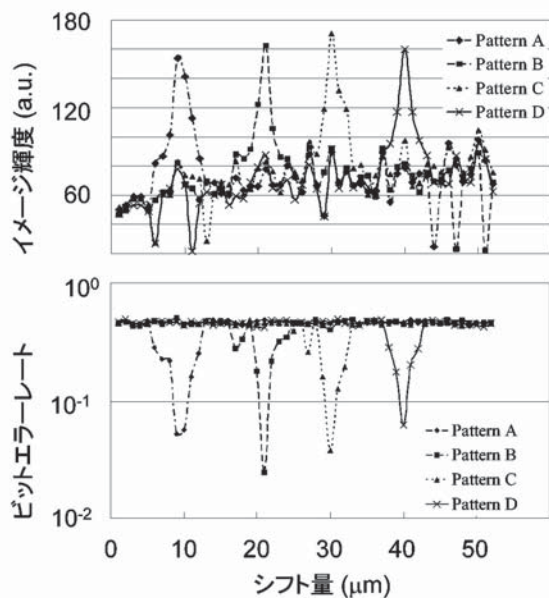


図7：シングルホログラムのシフトクロストーク





▲図10：
相関値50%の参照光イメージによるシフト多重特性

この知見を踏まえ、互いの相関値が50%となる4種類の参照光SLMイメージA, B, C, Dを用意し、800 μ m径の光スポットを10 μ mずつシフトさせて4つのホログラムを多重しました。その後で、異なる参照光SLMイメージを用いて記録範囲を再生してみると、図10に示すように、記録と再生に用いる参照光SLMイメージが同じときのみBERが 10^{-2} 以下の

良好な記録再生特性が得られました。この結果は、図5に示したシンプルなコリニア・ホログラフィ系であってさえ、スポット径800 μ m、シフト多重間隔10 μ mで方向依存性のないホログラム多重が可能であることを意味しています。この状態から多重数を計算してみると、ディスクのトラック・シーク両方向にスポットサイズ(800 μ m)の1/80の10 μ m間隔でシフト多重可能であることから、1ス

ポットあたり80 \times 80=6,400の多重数となります。CDと同じ120 mm ϕ の光ディスクを想定し、トラック数43で計算すると約14,580スポットが入るので、多重数を勘案して約93,325,000ものページが記録できることになります。1ページあたりのビット数を256 \times 256とすると(SLMの4 pixelを1 bit換算)、ディスクの生容量は6116Gbits=764.5GBとなり、符号化

効率を0.6程度と見積もれば、概ね0.5TB/discのユーザ容量が期待できることになります。

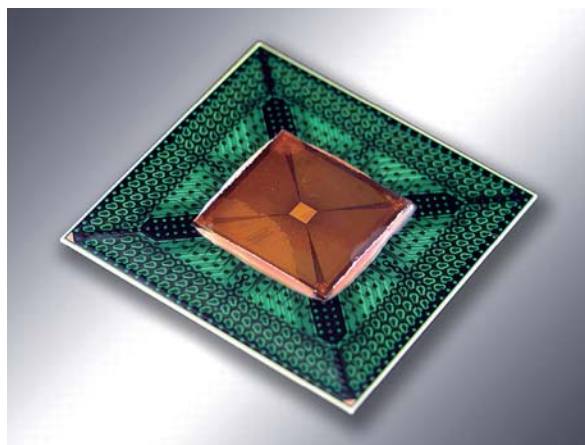
5. HVDシステムと次世代コリニア・ホログラムメモリ

前節で紹介したコリニア・ホログラフィ法による光ディスクメモリは、HVD (Holographic Versatile Disc) システムとしてプロトタイプ構築が進み(図11)。既に密度換算で200 GB/disc、160Mbpsの性能をもつ回転系システムでの動画記録再生デモンストレーションにも成功しています。また、Ecma Internationalでの国際標準としても認知されています。

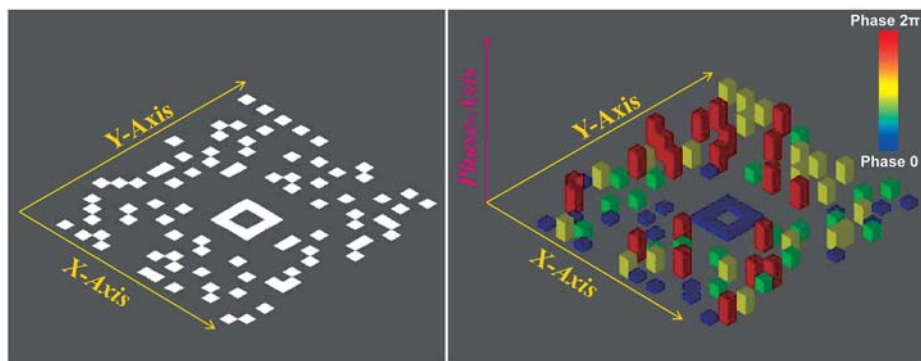
一方、コリニア・ホログラフィ法では記録再生のいずれにあってもSLMを利用するので、データの転送レートの観点からは高速なSLMが不可欠になります。この観点から、CRESTプロジェクトでは磁気光学効果(Magneto-optical effect: MO)を用いた新しいタイプのSLMが開発されています。図12に示すMOを用いたSLMは、1画素あたり10ns以下の速度で、高速に光強度のページデータ



▲図11：HVDプロトタイプシステム



▲図12：128 \times 128磁気光学式空間光変調器：MOSLM (FDK(株)製)



▲図13：コリア・ホログラムメモリ（左）と多値体積記録を用いたフェーズロック方式コリア・ホログラムメモリ（右）。従来のコリア・ホログラムメモリでは白黒の濃淡を記録再生する（2次的）のに対し、フェーズロック方式では多値変調による3次的記録。

変調ができます。この変調速度は、固体素子としては最も速いものと言えます。光強度変調は、直線偏波した光を用い、ポラライザと組合せて白黒像を得ます。

一方、磁気光学効果を用いているので、直線偏波した光に換えて円偏波した光を用いると、その位相を変調するデバイスになります。このようなデバイスをコリア・ホログラムに用いると、画素ごとに光位相を変調できるので、従来の白黒のバイナリー輝度変調から、多値階調のページデータ変調ができ、記録密度が飛躍的に向上するものと期待されます（図13）。光位相を積極的に変調して従来型のホログラムメモリの限界を超える次世代型のコリアホログラムは、フェーズロック方式コリア・ホログラムメモリと呼ばれ、上述した光位相変調可能なSLMや、ナノスケールで重合を制御するナノゲルフォトポリマ記録材料との組合せることで、その実現が目指されています。

6. まとめ

ホログラムメモリは、過去に何度も検討されてきた技術ですが、最近にわかに開発が再燃しています。これは、光学機器の発展が根底にある

ものの、記録材料として優れたフォトポリマが開発されてきたことも要因の1つと考えられます。実際、高い感度を持ちながら体積収縮率が小さい材料や^(11, 12)、媒体そのものが偏光性を示す材料などが開発されています。我々はこの観点から、記録用のフォトポリマ材料の開発を進め、ナノスケールで構造を制御するナノゲルフォトポリマ材料が有望な記録材料の一つであると考えています。ここでは紙面の都合から、記録材料にまで言及できませんでしたが、記

録材料の開発がホログラムメモリ実用化のキーとなることは否めないと言えます。

記録再生系からすると、従来の光ディスク技術が利用できるコリア・ホログラフィ法は魅力あるものと言えます。実際、その光学系は二光束干渉法に比べると非常にシンプルで、かつ光往復が同じ経路をとる（コモンパス）ので、二光束干渉法に比べ、光位相変調を安定して行うことができる利点をもっています。

7. 謝辞

本稿で紹介したコリア・ホログラフィ法による光ディスクメモリの開発は、科学技術振興機構CRESTプロジェクト、文部科学省超光メモリプロジェクトとして、(株)オプトウエア、FDK(株)、共栄社化学(株)、メモリーテック(株)、船井電機(株)との産官学共同研究事業として実施したものである。関係各位に深謝する。

【参考文献】

- (1)井上光輝, L. Hesselink, “デジタル体積ホログラフィと光ディスクストレージ装置”, 日本応用磁気学会誌, vol.27, No.5, pp.635-646, 2003.
- (2)<http://www.jst.go.jp/kisoken/crest/intro/kadai/h1303.html>
- (3)H. Horimai and X. Tan, “Collinear technology for holographic versatile disc,” Appl. Opt., vol.45, No.5, pp.910-914, 2006.
- (4)例えば：辻内順平, “ホログラフィー”, 物理学選書22, 裳華房, 1997.
- (5)P. M. G. Lippman, “Sur la theorie de la photographie des couleurs simples et composees par la methode interferentielle,” J. De Phys., vol.3, pp.97-107, 1894.
- (6)H. Fleisher, P. Pengelly, J. Reynolds, R. Schools and G. Sincerbox, “An optically accessed memory using the Lippmann process for information storage,” in Optical and Electro-optical Information Processing, J. Tippet et al. Eds., MIT Press, pp.1-30, 1965.
- (7)D. Gabor, “A new microscopic principle,” Nature, vol.161, pp.777-778, 1948.
- (8)P. J. van Heerden, “Theory of optical information storage in solids,” Appl. Opt., vol.2, No.4, pp.393-400, 1963.
- (9)L. Dauria, J. P. Huignard and E. Spitz, “Holographic read-write memory and capacity enhanced by 3-D storage,” IEEE Trans. Magn., vol.MAG-9, No.2, pp.83-94, 1973.
- (10)H. J. Coufal, D. Psaltis, G. T. Sincerbox eds., “Holographic Data Storage,” Springer Series in Optical Sciences, 10, 2000.
- (11)D. A. Waldman, et al., “Cationic ring-opening photopolymerization methods for volume hologram recording,” SPIE, vol.2689, pp.127-141, 1996.
- (12)L. Dhar, et al., “Holographic storage of multiple high-capacity digital data pages in thick photopolymer systems,” Opt. Lett., vol.23, No.21, pp.1710-1712, 1998.



1 第26回総会 開催

去る5月20日（木）、東海大学校友会館において第26回総会が開催され、平成21年度事業報告書、平成21年度財務諸表、平成22年度事業計画書、平成22年度収支予算書及び役員の選任について審議いただき、事務局案どおり議決されました。

また、総会後の懇親会には、尾身幸次STSフォーラム理事長、泉紳一郎文部科学省科学技術学術政策局局長、前田勝之助東レ株式会社名誉会長のほか各界から当センターとかかわりのある多数の方に参加していただきました。

総会において議決された平成22年度事業計画書の事業項目は、次のとおりです。

I. 研究者交流事業

1. JSPSフェローシップ事業に関する業務
2. 理工系大学院生研究交流事業の運営
3. 若手研究者交流支援事業-東アジア首脳会議参加国からの招へい

II. 研究者支援事業

1. 国際開発協力サポートセンター・プロジェクト業務支援
2. 外国人研究者生活立ち上げ等支援業務
3. 外国人研究者用宿舎の管理運営に関する業務
 - 4-1. 「国際ナノアーキテクニクス研究拠点」
日本文化研修業務
 - 4-2. 「国際ナノアーキテクニクス研究拠点」
日本語研修業務
5. 国際協同研究推進のための研究者受入促進・ネットワーク強化に係る調査研究

III. 科学技術議員等国際交流基金運営事業

IV. STSフォーラム開催の支援事業

V. 芦田基金運営事業



▲懇親会にて挨拶する
桑原 洋 会長



▲懇親会にて御挨拶される
尾身 幸次 様



▲懇親会にて御挨拶される
泉 紳一郎 様



▲懇親会にて乾杯のご発声を
される前田 勝之助 様

VI. 自主事業

1. 講演会の開催
2. 日本人研究者の海外派遣（国内外の奨学金制度）と海外の研究者の日本招聘制度の紹介
3. 会報（JISTEC Report）等の発行
4. ホームページによる情報の提供

なお、当センターのホームページに次の資料を掲載しております。

●役員名簿 ●平成22年度事業計画書 ●平成22年度収支予算書
●平成21年度事業報告書 ●平成21年度財務諸表

URL : <http://www.jistec.or.jp/>

■新たに選任された役員は次のとおりです。

専務理事

國谷 実

理事

岡田 淑平	独立行政法人日本原子力研究開発機構 理事
片木 嗣彦	財団法人リモート・センシング技術センター 常務理事
木村 茂行	社団法人未踏科学技術協会 理事長
須藤 亮	株式会社東芝 執行役常務
森安 雅治	三菱電機株式会社 常務執行役
山本 正巳	富士通株式会社 代表取締役社長

監事

濱北 稔	サイエンスツアー株式会社 代表取締役
吉屋 寿夫	独立行政法人防災科学技術研究所 監事

■新たに委嘱された評議員は次のとおりです。

評議員

各務 正博	財団法人電力中央研究所 理事長
高園 武治	社団法人新技術協会 理事

▼第26回総会風景



外国人研究者用宿舎 | 二の宮ハウス・竹園ハウス

第96回 イブニングフォーラム

「人類は宇宙へ」

①はじめに

1961年にガガーリン少佐が初めての宇宙飛行をしてからほぼ半世紀が過ぎ、今年中には国際宇宙ステーションが完成する予定である。国際宇宙ステーション計画の内容、宇宙飛行士の活動や人間が宇宙へ行くことの意義について、宇宙航空研究開発機構（JAXA）において、30年近く有人宇宙飛行計画に携わってきた筆者から紹介する。

②国際宇宙ステーション計画について

国際宇宙ステーション計画は1984年に米国のレーガン大統領が各国に協力を呼びかけてスタートした計画である。我が国も1985年には参加を決め、当初は米国、欧州、カナダそして日本が参加した計画であった。ソビエト連邦崩壊後、1993年にはロシアも参加し現在世界の15カ国が協力して実施している人類史上最大の国際協力計画である。

建造は各部を約40回に分けてスペースシャトルやロシアのロケットで打ち上げて宇宙空間で組み立てて行く。1998年から組み立てが開始され前に述べたように今年で完成する予定である。下図に示すように大きさはその太陽電池パネルまで含めるとサッカーコートと同じであり、宇宙空間の人工構造物としては最大である。タイミングがよければ日没直後や日の出直前にマイナス4等星以上の明るさで空を横切る国際宇宙ステーションをはっきりと肉眼で見ることができる。見る



▲国際宇宙ステーション全景（NASA提供）

ことができる時間帯は以下のJAXAのWebサイトの確認していただくとい。 (<http://kibo.tksc.jaxa.jp/>)

日本はこの計画に日本の実験棟「きぼう」を開発し取り付けて実験を行うことや、HTVという無人の大型輸送機を種子島から打ち上げて国際宇宙ステーションの維持や運用利用に必要な物資の輸送を行う役割を担って参加している。

③宇宙飛行士は宇宙で何をしているのか

昨今、テレビや新聞で日本の宇宙飛行士の活動が報道されることが多い。報道で紹介されるのは、宇宙でお琴を弾いたり、鮎をにぎったりと宇宙飛行士が余暇の時間に報道陣へのサービスで行っている活動ばかりが紹介されている。しかし、本来宇宙飛行士が宇宙へ行っている目的は、地上では得られない宇宙の特殊な環境を利用してさまざまな実験を行うことにある。宇宙の特殊な環境として代表的なものは無重力である。長時間の無重力状態は世の中の物理法則を変えない限り地上では絶対に得ることのできない環境である。地上でも航空機を急降下させることで一時的な無重力状態を作り出すことは可能であるが、せいぜい20秒間である。地上ではすべてのものが常に重力を受けている。流れる水、生物の活動、水や空気の流れ現象などである。その重力がない状態というのは我々に地上では決して得ることのできないデータを与えてくれる。対流のない液体の中で静かにできた高品質のタンパク質の結晶はそれを解析することで、タンパク質の分子構造の形がわかる。それは、副作用のない新しい薬を作る時にとっても貴重なデータとなる。現在、その宇宙でとったデータをもとに難病に指定されている筋ジストロフィーの治療薬の開発が動物実験の段階まで来ている。

このような創薬や新しい材料を作る実験、宇宙飛行士に生じる骨粗鬆症と同じ現象を解明することで、老人病の骨粗鬆症の対策を開発する実験なども行われている。

また、宇宙からの広い視野を利用して地球の温暖化に繋がる空気中の成分を精密に測定する実験も行われている。

このように地上では決して実現することができない実験やデータ取得を効率的にかつ粘り強く行うために宇宙飛行士は宇宙へ行くのである。

④宇宙飛行士が宇宙へ行くまで

さて、宇宙飛行士が宇宙に行くにはその準備として多くの訓練を受ける必要がある。まず、宇宙飛行士の候補生として

1980年、東京大学工学部船舶機械工学科卒業／1982年、東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻修士課程修了／同年、宇宙開発事業団（現在の宇宙航空研究開発機構）入社

●3年間ほど、ロケットエンジンや人工衛星の姿勢制御装置の開発等を担当。その後、日本初のスペースシャトル宇宙飛行士となる毛利、向井、土井宇宙飛行士の訓練計画の立案と実施を担当した。1992年には毛利宇宙飛行士の搭乗した日本初のスペースシャトル宇宙実験において、NASAの地上実験管制所で管制官を務める。このとき、NASA宇宙飛行士管理室より、有人宇宙飛行の発展への貢献を認められシルバースヌービー憲章を受賞。その後は、向井宇宙飛行士のスペースシャトルでの飛行中の地上実験管制官等を務め、現在は、日米欧露加の15カ国が参加している国際宇宙ステーション計画担当部署の技術領域総括として、国際宇宙ステーションの利用推進業務に従事中。



選ばれると、まず約1.5年間の基礎訓練を受ける。その訓練を経てやっと宇宙飛行士としての資格認定を受けることができる。その後は宇宙飛行士としての技能の維持向上のための訓練を受けながら、ミッションへの指名を待つことになるが、ミッションに指名されるとそのミッションの実施のための訓練を約2～2.5年間程度受けることになる。

訓練の内容は多岐にわたるが、緊急事態の訓練は特に念入りに行われる。スペースシャトルなどの宇宙船から脱出して海上やジャングルに不時着した場合を想定したサバイバル訓練や、発射台のスペースシャトルから逃げる訓練では、滑車で滑り降りたり自ら装甲車を運転するなどの訓練もある。

さて、宇宙飛行士になる要件として重要なことが3つある。複雑なシステムや手順を理解できる頭脳、いつでも健康を維持できる身体、そして、宇宙飛行士や地上支援員を信頼し協力できる協調性である。宇宙飛行士の候補生を選ぶにあたってこの3点を4段階の試験を行ってじっくり調べることになる。この3つはすべて重要であるが、じつは3番目の協調性が一番重要であると考えている。宇宙飛行士の能力の欠如のために彼らが危険な状態になることがもしあるとすると、それは3番目の協調性が一番心配である。頭脳や身体状態については、宇宙船の機能が向上してきたこと、これから向上することを考えるとその点は機械の方がカバーしてくれる。しかし、宇宙船に隔離されて一緒に仕事をしている宇宙飛行士の仲間や、宇宙飛行士を支援している地上要員との信頼関係が仮に損なわれるようなことがあると、それはとても危険な状況となる。私はいつも教育的指導からではなく、心から宇宙飛行士になりたい子供たちには協調性の重要性を説いている。

⑤宇宙飛行士の宇宙での生活

これについては、よく人から質問を受ける。

まずは食事について。宇宙飛行当初の宇宙食はチューブの中から流動食をとるというものであったが、今の宇宙食はかなり進歩しており、トレイに乗せてナイフとフォーク、たまにはお箸を使って食べることができる。ただし、無重力でふわふわ飛んでいく粉のようなものは駄目である。液体もコップにいれるのではなく、チューブからとなるが、見た目は国際線のエコノミークラスの食事程度のものは食べられる。日本でも国際宇宙ステーションに搭載できる日本宇宙食を28種類ほどJAXAが認定している。サバの味噌煮や羊羹、中には宇宙ラーメンまである。国際宇宙ステーションに宇宙飛行士

は約半年滞在する。宇宙飛行士の精神心理の管理担当の専門家もこの間の楽しみの一つとして食事の重要性を認識している。若田宇宙飛行士が滞在了たときの船長は、各国から来ている宇宙飛行士間のチームワークを維持するために、どんなに忙しくても食事の時間になったら作業を中断して全員で食事をとることを全員に命じていたとのことである。

睡眠は、布団をかけてとはいかず、寝袋の中で寝ることになる。国際宇宙ステーションには各人にカプセルホテルのような個室が与えられており、その壁に寝袋がくくりつけてある。

宇宙ステーションにはお風呂やシャワーはない。前述のように約半年間そこに滞在するにもかかわらず、いまだに宇宙用のシャワーやお風呂は開発されていない。無重力で水を扱うのはとても大変なのである。宇宙飛行士は特殊な濡れタオルで体をふくだけである。宇宙飛行士の生活もたいへんである。

もっともよく質問を受けるのがトイレである。無重力を考えると普通のトイレだと何が起こるか想像するだけで空恐ろしくなる。さすがに宇宙用のトイレは宇宙飛行の最初の段階から開発に取り組んできている。その仕組みは要するに掃除機と同じ考えでできている。空気と一緒に液体や固体を吸い込んで機械の中で分離するのである。液体の分離は簡単であるが、固体の方は遠心力を使ったり結構たいへんな仕組みとなっており、スペースシャトルではこれがよく故障する。遠心力をつける回転機構に付着するとうまく回らなくなるのである。このとき、宇宙飛行士たちは絶対的権力を持っている船長も含めてくじを引いて当たった者は手袋をはめて付着物を取り除くという修理作業に従事することとなる。やはり、宇宙飛行士の生活は結構たいへんである。

昨年、国際宇宙ステーションで新しい装置が稼働を始めた。地上から完全に隔離されている宇宙ステーションでは、水は貴重な資源である。その水を90%以上再利用するための機械



▲スペースシャトルの打上げ（NASA提供）



▲民間企業が開発した宇宙旅行用宇宙船
(スペースシップワン)

である。すなわちトイレから回収した水分もエアコンにたまった凝縮水もすべて集めて再生し、飲み水として使うのである。若田宇宙飛行士はその水再生装置が稼働を開始したときに国際宇宙ステーションに滞在しており、初めてその再生水を宇宙で飲むこととなった。

みんなからその水の味について尋ねられたのは言うまでもない。彼曰く「味はない。」とのこと。この装置は大変よくできていてどのような水から再生しても問題はない。

国際宇宙ステーションというのは、小さな地球といえる。世界中から宇宙飛行士が雑多に集まって一緒に生活している。限られた資源を有効に使う必要がある。密閉された船内は空気が汚れないように最新の注意がその使っている材料にも払われている。我々はこの国際宇宙ステーションを使って、地球を守るための実験をしているといえるのではないだろうか。

⑥宇宙旅行時代の到来

冒頭に話したようにガガーリンが宇宙に飛び立って約50年の歳月が流れた。その後今まで、約500人の宇宙飛行士が宇宙に飛び立った。そして短期間で帰って来た宇宙飛行士もいれば、長期間滞在した宇宙飛行士もいる。私の携わっている国際宇宙ステーションには2000年から常に宇宙飛行士が滞在を継続している。多くの人が気が付いていないが、普段宇宙がニュースにならないときでも宇宙飛行士は宇宙で活動をしている。今まで宇宙飛行士が宇宙にいた日数をざっと数えると総計は約29年位になる。要するにガガーリンが宇宙に初めて行ってから今までほぼ6割の歳月は誰か人間が宇宙で活動をしていたことになる。誰かが宇宙にいたことが当たり前の時代がきている。

ここまでの話は職業宇宙飛行士の話である。我々選抜試験を受けていない人たちが宇宙に行ける日はいつ来るのかという質問をよく受ける。もうすでに宇宙旅行は実現している。7人の宇宙旅行者が仕事ではなく、お金を払って宇宙に行った。ロシアは宇宙旅行者を受け入れている。ただし、約1週間の国際宇宙ステーション滞在の旅行代金は約30億円。世界には富豪がたくさんいるので払える人はいるが、一般人には

手が届かない。

もう少し、お手頃の旅行としては、米国のベンチャー企業が現在10分足らず宇宙に飛び出すことができる宇宙船を開発しており、2012年位から運航を開始する予定である。すでに試験飛行は成功しており、300人程度の予約が入っているとのこと。1フライト約2千万円である。やはり高いが、退職金と貯金をはたけば払える人は結構いるはずである。

⑦人類が宇宙へ行くようになる？

宇宙飛行士は宇宙でいろいろな名言を残している。ガガーリンは「地球は青かった。」といった。人類が地球が青いということを初めて知った瞬間であり、地球環境の大切さを感じたのかもしれない。

私が一番好きな宇宙飛行士の言葉は、サウジアラビアの宇宙飛行士が宇宙ステーションで言った次の言葉である。

「最初の1日が2日は、みんなが自分の国を指していた。3日目、4日目は、それぞれ自分の大陸を指した。5日目には、私たちの念頭にはたった1つの地球しかなかった。」

私たちは、地球の非常に薄っぺらな表面で生活している。地球をサッカーボールに例えると私たちが活動している部分は航空機が飛んでいる大気圏まで含めてもわずか0.5mm程度の薄い膜の中になる。その中で物事を考えても、しょせんその考えは0.5mmの膜の中から出ることは難しい。蟻の行列に並んでいる蟻は自分たちが何をしているか気がつかないであろう。しかし、蟻の行列を上から見れば、その行列が餌と巣穴をつないでいることはすぐにわかる。

我々人類も0.5mmの膜の中で、人類がどこへ向かっているかを感じることは難しい。人間が宇宙へ出るということは、そのわれわれが活動している地球の表面を丸ごと上から俯瞰することである。いわば神の目を持つということになる。そうすれば、今まで、気がつかなかったことが見えてくるはずである。

⑧最後に

宇宙へ人間の活動領域を拡大することで、すぐに明日の生活に役に立つわけではない。しかし、宇宙には物理的に地上では絶対に得られない環境がある。そして、多くの人が宇宙に行くことで、人間はその精神世界において、一つ進化を遂げることになると思っている。人類が宇宙へ出て行くことの意義は大きい。



●1991年定住のため来日、1995年筑波大学第一学群社会学類入学、1999年同大学博士課程社会学研究科経済学分野入学、2006年筑波大学大学院人文社会科学研究科経済学専攻準研究員。現在、国際金融の研究、つくば市の国際化に関する活動、ワークライフバランスに関する調査を行っている。3児の母。

フウ・ボウ（付波）

 China

グローバル社会における教育の国際化

残留婦人の孫娘として、私が日本にやってきてから、既に今年で20年目になります。この20年間を振り返ってみると、ほとんどの時間は学校にいました。ずっと日本で教育を受け、その後も研究を続けてきました。今は、筑波大学で新しい英語教育プログラムにかかわる仕事をしています。

日本での最初の学校は、熊本県の山鹿市立中学校でした。山鹿市は温泉の町で、千人灯籠祭りで有名です。その中学校は、伝統を重んじる学校で、町の雰囲気によく合っていました。当時、男子生徒は、野球部員かと思われるような、全員丸刈りの頭でした。日本の学校はこうなんだと思いました。しかし、その後、熊本市内に引越し、別の中学校に編入しました。この中学校は、山鹿中学校とはまるで違っていました。個性を尊重する自由な校風でした。そのとき、日本は、学校によって校則がいろいろだなあと感じました。

勉強の内容自体は、私にとって物足りないくらい、簡単でした。傲慢に聞こえるかもしれませんが、これには理由があります。中国では、私も、年子の弟も、中学校へ進学するとき選抜試験を受けました。私が中学校に入学した時期は、ちょうど9年間の義務教育が普及し始めた頃で、小学校の同級生で、中学校へ進学できた人は、ほんのわずかでした。そんな競争の激しい環境で勉強してきていたので、日本の学校での勉強量は、本当に少ないと感じました。

そのためか、日本語が全くできないまま日本の中学校に編入させられたにもかかわらず、私は最初の中間試験から、成績は学年で真中くらいでした。後に大学で、似たような経歴

を持つ人の話を聞いたところでも、いきなり日本の学校に入学しても、やはり成績は最初から真中くらいだったとのことでした。

進学した県立高校は新しく、私が5期生でした。これもまた非常にユニークな高校でし

た。普通コースのほかに、一クラスの国際コースと、二クラスの数理コースがありました。国際コースの生徒は全県から集まってきたため、半分くらいは寮生活を送っていました。3年間ずっとAETの先生がいて、英語の時間はほかのコースよりも多かったです。その上、第二外国語を習得しなければいけませんでした。韓国語か中国語を選択して、週一回の授業ですが、3年間ずっと必修でした。さらに、毎年オーストラリアの姉妹校からの交換留学生を受け入れたり、送り出したりしていました。とても、県立高校と思えないほど、国際化の進んだ高校でした。

しかも、私たちのクラスだけ、修学旅行は韓国でした。韓国を初めて訪れてみて私は中国から朝鮮半島へ、そして日本へと文化は伝わってきましたが、それぞれの独自の文化や風土と結合し、現在の韓国や日本があるのだと思いました。短い修学旅行でしたが、私のその後の人生に大きな影響を与えました。万事が万事を、“百聞は一見にしかず”と思い始めました。そして、それが、私の座右の銘となっています。

高校3年生のとき、全国模擬試験ではE判定が出たにもかかわらず、筑波大学第一学群（現在の社会国際学群）の社会学類に合格しました。社会学類の二次試験は、外国語ともう一つの科目でした。日本語のハンディを持っている私の強みは、言語の壁を越える数学でした。数学で受験するのは、どうも珍しかったようです。入試科目を、幅広く自由に選べるのが、社会学類の特徴で、昔も今も変わりません。

社会学類は入学後も多くの選択肢を与えてくれます。政治学・法学・経済学そして社会学の四つの分野の中から、3年次に専門分野を選ぶことができます。しかもどの分野にも定員はないので、100%学生の希望通りに専攻を選ぶことができます。1年次と2年次は、幅広く勉強することができ、3年次以降は、専門分野を深めていくというのが、社会学類の特徴です。私は数学と英語が好きで、そのため経済学を面白いと思い、経済学を選択しました。

大学時代には、勉強以外にも、幅広くサークル活動をしたり、留学生でもないのに留学生の会の会長となり、色々なイベントを開催したりしました。その後、有名な経済学者である酒井



▲ 広州華美集団の中加高校の校舎

教授の“本当の勉強は大学院からですよ”という言葉を感じて、大学院への進学を決めました。中国人としての“比較優位”を発揮し、研究対象は、中国の貿易や金融といった国際経済学の分野でした。途中で、出産や子育てのために、研究を一時的に中断したことがあります。

一時期は、家計を支えるために、JISTECで、外国人研究者の生活支援をする仕事をしました。その際には、外国人として日本で生活してきた経験だけでなく、大学時代の留学生の会での活動の経験は、大いに仕事に役立ちました。そしてその経験を生かして、現在留学生を受入れる仕事をする際にも、役立っています。



▲遼寧師範大学構内のアメリカミズーリ大学分校（執筆者：左）

▲名門高校であるハルビン第三中学日本語コースの学生にG30の取り組みを紹介する筆者

研究を再開したのは、第2子を出産した後まもなく、大学で研究職に就いてからで、中国の金融に関する研究を始めました。中国経済は興味深く今までの経済理論で説明できないことが沢山あります。多くの経済学者の予言をすべて裏切ってきました。例えば、2003年のGDPは、日本の半分となった頃、“2020年には日本を追い越すでしょう”と予言されました。しかし2010年の今、中国はすでに日本を超え、世界第2位の経済大国となりました。このような現状に合うような理論を構築することは大変ですが、中国経済の学者達は中国の現状を把握するだけでも精一杯です。

中国は、日本と同じく少子高齢社会になってきているので、いつかは人口が減少する社会になります。そこで、中国は教

育分野において、色々な政策を打ち出しています。例えば、2003年から、2+2のプログラムを、選定された大学で実施し始めています。このプログラムは海外の提携大学と全く同じ授業を提供するもので、最初の2年間は中国にいながら、英語による授業を受けることができます。その後、残りの2年間は海外で授業を受けることになります。その結果、卒業する際には、両方の大学の学位を授与されることになります。

こうした大学のプログラムだけでなく、全国各地の色々な高校で、英語、フランス語、ドイツ語、スペイン語などによる授業が始まっています。高校の3年間は、中国と海外の協定校両方の授業を受けることができ、卒業する際には、中国と協定校の両方の卒業証明書を授与されるようになります。これらのプログラムの中には、カナダ、アメリカ、オーストラリア、フランス、ドイツの政府の投資によるものもあります。

日本でも、教育の国際化として“留学生30万人計画”が打ち出されました。その一環として、2009年には全国で13大学（7国公立大学法人、6市立大学法人）が選定され、英語による学群（学部）の教育プログラムが、今年から本格的に実施されることになっています。100ヶ国ほどの留学生を受け入れている筑波大学も、国公立大学法人のうちのひとつとして選ばれました。私が今関わっている社会国際学教育プログラムは、G30のなかの数少ない文系分野の学士課程プログラムです。

昨年から、教員の募集、学生の選考を行い、シラバスを作ったりしてきました。新しい学部を作るのと変わらないくらいの作業を、1年足らずの間に行ってきました。まもなく、8月1日には第一期生が日本に来ることになっています。社会国際学群はいま大急ぎで受け入れ体制を整えているところです。今後も毎年8月には留学生たちがやってきます。

つくば市には、既に130ヶ国からの留学生や外国人研究者が住んでおり、これからもその数は着実に増加し、ますます国際化が身近なものとなります。しかし、なぜか市のホームページは、いまだに多言語の対応をしていません。せめて、英語くらいはあってもよいのではないかと、留学生たちの対応をしながら、また一市民としても、思っています。

編集後記

日本が決勝トーナメントに進出しました。本当のところあまり期待されていたわけではありませんがお陰さまで編集後記の良い題材になりました。個々の選手の能力、努力を岡田監督の戦略・戦術によってここまで来ました、今日（6月29日）のラグビー戦もやってくれと信じています。本誌が皆さんに届くころには、日本チームの結果も出ているでしょうが、新原先生のご心配が杞憂であることが早くわかるためには、この今のところの杞憂を共有することが必要な気がします。（最後は下手なダジャレで終わってしまいました。）（O.M）



（社）科学技術国際交流センター会報

SUMMER '10 平成22年7月1日発行 [季刊]

発行責任者

社団法人 科学技術国際交流センター管理部
〒112-0001 東京都文京区白山5-1-3 東京富山会館ビル5F
TEL. 03-3818-0730（代） FAX. 03-3818-0750

●本誌に関するお問い合わせは、当センター管理部までお願いします。
なお、本誌に掲載した論文等で、意見にあたる部分は、筆者の個人的意見であることをお断りします。