

会議報告

第 11 回重イオン加速器技術に関する 国際会議 (HIAT09) 報告

笹 公和*

Report on the 11th International Conference on Heavy Ion Accelerator Technology (HIAT09)

Kimikazu SASA*

1. はじめに

「第 11 回重イオン加速器技術に関する国際会議」HIAT09 (11th International Conference on Heavy Ion Accelerator Technology) が、2009 年 6 月 8 日(月)から 12 日(金)の期間にイタリアのヴェネツィア (Venezia) で開催された。会議はイタリア国立原子核物理研究所 (INFN-LNL, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Laboratori Nazionali di Legnaro) が主催し、Chairman は INFN-LNL の加速器部門長である Giovanni Bisoffi 氏が務めた。HIAT09 には世界 16 カ国から 129 名の参加者があり、重イオン加速器の幅広い分野に関して、施設現状、先端技術開発や応用研究の報告があった。本報告では、HIAT09 開催までの経緯と会議概要について紹介する。

2. HIAT について

2.1 HIAT の歴史

HIAT は、1973 年にイギリスの Daresbury において「静電加速器技術に関する国際会議」(International Conference on the Technology of Electrostatic Accelerators) として開催されたのが最初である。創設から 36 年の歴史を持つ会議であるが、会議名称を途中で数回変更している。会議はおよそ 3~4 年の間隔で開催されており、1985 年にアルゼンチンの Buenos Aires において開催された第 4 回会議から、会議名称を「静電加速器技術及び関連するブースターに関する国際会議」(International Conference on Electrostatic Accelerator Technology and Associated Boosters) に

変更し、静電加速器とそれに付随するブースター加速器を取り上げるようになった。1995 年の Canberra での第 7 回会議から「重イオン加速器技術に関する国際会議」(International Conference on Heavy Ion Accelerator Technology) として、重イオン加速器全般を取り扱う国際会議となった。表 1 にこれまでの開催地と会議名称の変遷を示す。

2.2 HIAT09 開催までの経緯

HIAT は設立の経緯から、当初は大型タンデム加速器とその関連技術に関する報告が中心であった。日本からは、日本原子力研究開発機構東海研究所のタンデム加速器施設や筑波大学タンデム加速器施設などの大型タンデム加速器施設からの参加が中心であった。1970-80 年代は、原子核物理研究において大型タンデム加速器は主力の加速器の 1 つであったが、徐々にその役割が他の種類の加速器に移るにつれ、HIAT の開催概要も変化することになった。

第 11 回となる HIAT の開催に先立って、2007 年 8 月に主催者の Giovanni Bisoffi 氏から各地の重イオン加速器施設関係者に対してアンケート調査がおこなわれた。HIAT の存続と今後の方針についての確認であった。アンケート調査の結果は、回答者の 95% が HIAT の名称とその継続に賛意を示すものであった。また会議の対象を中小レベルの重イオン加速器技術に関するものとして、幅広い技術分野を取り扱う国際会議とする方針が確認された。会議規模としては、PAC, EPAC や APAC などの大規模な国際会議ではなく、重イオン加速器に内容を絞った 100 から 200 人程度の参加者による“middle-size”の活気ある会議

* 筑波大学研究基盤総合センター応用加速器部門

Applied Accelerator Division, Research Facility Center for Science and Technology, University of Tsukuba
(E-mail: ksasa@tac.tsukuba.ac.jp)

表 1 HIAT の開催履歴

開催数	開催年	開催都市	会議名称
1st	1973	Daresbury	International Conference on the Technology of Electrostatic Accelerators
2nd	1977	Strasbourg	International Conference on Electrostatic Accelerator Technology
3rd	1981	Oak Ridge	〃
4th	1985	Buenos Aires	International Conference on Electrostatic Accelerator Technology and Associated Boosters
5th	1989	Strasbourg/Heidelberg	〃
6th	1992	Legnaro/Padova	〃
7th	1995	Canberra	International Conference on Heavy Ion Accelerator Technology (HIAT)
8th	1998	Argonne	〃
9th	2002	New Delhi	〃
10th	2005	Brookhaven	HIAT-SNEAP (北米静電加速器会議) との共催
11th	2009	Venezia	HIAT

とすることが確認された。

HIAT09 の Scientific Advisory Committee (SAC) には、これまでの経緯から日本側の対応窓口として日本原子力研究開発機構の竹内末広氏と筆者が加わった。SAC での議論により、HIAT09 では以下のトピックスを取り扱うことになった。

Conference Topics:

- Electrostatic Accelerators
- Room Temperature and Superconducting Linac Boosters and Cavities
- Room Temperature and Superconducting Cyclotrons
- Synchrotrons and Storage Rings
- Radioactive Ion Beam Facilities
- Ion Sources and Traps
- Main Accelerator Systems and Components

上記トピックスに重イオン加速器による応用研究 (Application) を加えて、Oral と Poster 及び招待講演で会議を構成することにした。招待講演者については、会議トピックスと重イオン加速器技術に関する最新のトレンドを踏まえて、SAC メンバーが推薦をおこなった。

3. HIAT09 会場及び参加者

3.1 開催場所

HIAT09 の開催地となったヴェネツィアは、小さな島々からなる水上都市であり、街中に車の乗り入れが出来ない構造となっている。街には運河が縦横に走っており、移動は主に水上バス (ヴァポレット) を利用する。会場となった Don Orione Artigianelli Cul-



写真 1 HIAT09 の会場となった Don Orione Artigianelli Cultural Center



写真 2 口頭発表会場の様子。写真は Opening での Giovanni Bisoffi 氏 (壇上左側) の開会挨拶場面

tural Center は、大型客船も通過するジューデッカ運河に面した Zattere という場所にあり、ヴェネツィアの国際空港から船で来ることも可能である。



写真3 会場中庭で撮影された会議参加者の集合写真

写真1に会場の外観を示す。口頭発表会場は200人ほどが入れる大きさであり、ポスター発表会場は、中庭を取り囲む回廊を使用していた。写真2は口頭発表会場の様子である。

ランチは会場横のレストランで毎回イタリアのコース料理が供された。ワインなども飲み放題であり、食事時間も1時間半とゆったりと過ごせるようになっていた。会議中盤には、参加者の貸し切りによるサンマルコ寺院の夜間拝観ツアーなどもあり、参加者が会議に楽しんで参加できるように、随所に主催者の気配りが感じられた。また、エクスカッションは貸し切り船でヴェネツィア周辺の島巡りであった。バンケットはヴェネツィア発祥の島であるトロチェッロ島のレストランで開催された。帰りの船上では、午前0時近い時間に参加者の間でなぜか国別対抗歌合戦(?)が始まり、和気あいあいとした雰囲気でも盛り上がっていた。

3.2 会議参加者

会議参加者129名の内訳は、開催国のイタリアが29名と最も多く、次にアメリカが16名で日本とドイツの順となっている。日本からは、理化学研究所から4人、放射線医学総合研究所から3名など8機関から14名の参加者があった。アジア地域からは他にインドから4名、韓国から3名、中国から2名の参加者があった。写真3は会場中庭で撮影されたHIAT09参加者の集合写真である。

4. HIAT09 発表内容

4.1 発表形式

HIAT09では口頭発表60件、ポスター発表43件

表2 HIAT09セッション別の発表件数

Session	Invited talk	Oral	Poster
General topics	3	2	5
Radioactive ion beam facilities	3	9	5
Electrostatic accelerators	1	5	1
Circular accelerators	2	7	9
Linacs	2	12	9
Ion sources	2	7	6
Applications and ancillary systems	3	2	8

の計103件の発表があった。各セッションの発表件数の内訳を表2に示す。招待講演は25分講演と質疑応答5分の計30分、一般講演は15+5分であった。

HIAT09ではIndicoによる参加登録とAbstarct, Proceedings原稿及び発表資料の受け付けがおこなわれた。Proceedingsは、SACの間で議論があったが、最終的に加速器分野で国際的に採用されているJACoWでの電子出版となった。発表資料を事前に提出する必要があり、少々面倒なところがあったが、Webで全ての登録作業が出来る利点があった。

以下、各セッションの口頭発表内容の概要を記すが、個人的な感想もあり偏った報告になることはご容赦願いたい。報告書や発表資料などはWeb*1で公開されているので、詳しくはWebを参照下さい。

4.2 General topics

会議最初に、ミシガン州立大学 (MSU) のG.

Bollen 氏から原子核物理分野での加速器施設についてレビュー講演があった。また MSU の FRIB 計画について、詳細な説明がおこなわれた。他にレーザー駆動による GeV イオン加速について、アメリカ LANL の B. M. Hegelich 氏の招待講演があった。講演では加速メカニズムとして Break-Out Afterburner (BOA) 加速の解説と実験及び 3D PIC シミュレーションについて紹介があった。また、レーザー加速の応用として、重イオン慣性核融合ドライバーや粒子線治療への適用の可能性を示した。ドイツ GSI の I. Hofmann 氏は、レーザー加速イオンのがん治療加速器への応用について GSI-PHELIX 実験などを例に講演し、将来の適用可能性について紹介した。また UMo / Al 原子炉燃料の重イオン照射効果についてフランス CEA の H. Palancher 氏から講演があった。

4.3 Radioactive ion beam facilities

RNB (Radioactive nuclear beam) 施設の技術開発について、ANL の J. Nolen 氏のレビュー講演がおこなわれた。また、ISOL 技術について、詳細な紹介があった。招待講演として、JAEA の長明彦氏から TRIAC と ISOL 用イオン源の開発状況及び ^8Li , ^9Li ビームの生成と応用研究について紹介があった。MSU/NSCL の M. Doleans 氏からは国立超伝導サイクロトロン研究所における再加速ビームの新施設 ReA3 の紹介がおこなわれた。稼動を開始した理研 RIBF からは、上垣外修一氏が ^{48}Ca と ^{238}U ビーム加速の現況とビーム増強の為に 28 GHz 超伝導 ECR イオン源の開発状況について報告をおこなった。また、RIBF の新入射器の計画についても紹介があった。理研からは他に、山田一成氏の RIBF のコミッションングに関する講演があった。ANL の R. Pardo 氏からは ATLAS における ^{252}Cf fission を用いた CARIBU 計画について、他にイタリアの INFN から 3 件、またフランスの GANIL や CERN の REX-ISOLDE などの報告があり、RNB 関連の加速器開発について非常に活発な印象を持った。

4.4 Electrostatic accelerators

レビュー講演をオーストラリア国立大学 (ANU) の D. Weisser 氏がおこなった。世界の静電加速器の現況と応用研究について、アンケート調査結果等を紹介した。この他、ルーマニアのブカレスト 9 MV-FN タンデム、インドのムンバイ 14 UD ペレトロン、ドイツのミュンヘン 14 MV-MP タンデム、筑波大学 12 UD ペレトロン AMS の現況報告があった。新規施設では、アメリカ LBNL の M. Leitner 氏から、宇宙核物理実験用の DIANA 計画の紹介があった。400

kV と 3 MV シングルエンド加速器施設を地下 1.4 km に設置する計画である。ECR 多価イオン源等を搭載し、陽子から酸素まで数 mA のビーム強度で供給する計画となっている。

4.5 Circular accelerators

招待講演は、F. Chautard 氏からフランス GANIL の施設報告と中国蘭州 IMP の HIRFL-CSR (Cooler Storage Ring system, the Heavy Ion Research Facility in Lanzhou) についての Y. Liu 氏の講演であった。HIRFL-CSR は $K=69$ と 450 のサイクロトロンを入射器としており、電子冷却による蓄積リングである。稼動して間もない施設で、応用研究などは始まったばかりであるが、中国の加速器技術の急速な進展を確認することができた。大阪大学 RCNP の畑中吉治氏からは施設報告と 18 GHz 超伝導 ECR イオン源を用いた新入射ラインの紹介などがあった。また、理研 RIBF の RF システムについて坂本成彦氏の講演があった。その他、ドイツ MPI-K の蓄積リング TSR に関する報告、サイクロトロンを用いた粒子線治療装置、ロシア JINR の現状報告等がおこなわれた。

4.6 Linacs

カナダ TRIUMF の R. Laxdal 氏から重イオン超伝導ライナックに関してレビュー講演がおこなわれた。またドイツ GSI の L. Dahl 氏からは FAIR 計画の為に UNILAC 改良計画について招待講演があった。その他、アメリカ ANL の ATLAS の改良計画、カナダ TRIUMF の ISAC の現状報告、CERN の HIE-ISOLDE LINAC の改良計画などの発表があった。インドからはタンデムブースター加速器の発表が 2 件あった。また、粒子線治療用加速器システムの RFQ に関して、ドイツ GSI とイタリア CNAO より発表があった。日本からは、東工大の田村潤氏がレーザーイオン源からの多価イオンの RFQ 直接入射法について講演をおこなった。

4.7 Ion sources

ECR イオン源と EBIS に関する講演で占められていた。フランスの T. Lamy 氏からは ECR チャージブリーダー開発に関するレビュー講演があった。また、EBIS に関しては、アメリカ BNL の J. Alessi 氏より RHIC の新入射器用イオン源の開発状況について招待講演がおこなわれた。アメリカ LBNL の D. Leitner 氏からは、28 GHz 超伝導 ECR イオン源 VENUS の現況と 200 μA の U^{33+} と U^{34+} の生成及び次期計画の 56 GHz 超伝導 ECR イオン源の講演があった。

4.8 Applications and ancillary systems

スイス PSI の E. Hug 氏からは、「Medical applica-

tion of hadrontherapy」という題目で、粒子線がん治療に関してレビュー講演があった。続いて放医研の野田耕司氏が「Review on HI accelerators for hadrontherapy」として、がん治療用重イオン加速器に関するレビュー講演をおこなった。放医研 HIMAC や群馬大学重粒子線医学センターの加速器施設の紹介がおこなわれた。また高速スキャニング照射装置について映像を交えて講演をおこない、注目を集めていた。E. Hug 氏の講演でも指摘があったが、重粒子線照射技術や患者治療数などに関して、日本の技術力の高さが伺える講演であった。スイス ETH の H. A. Synal 氏からは、AMS (Accelerator Mass Spectrometry) の概要と最新の AMS システムについてレビュー講演があった。その他、理研の渡辺環氏からは高感度ビームモニター HTS-SQUID の開発と理研リングサイクロロンへの適用について紹介があった。

5. 施設見学

会議終了後の 6 月 12 日(金)午後 INFN-LNL の施設見学ツアーがあった。INFN-LNL は、ヴェネチアから西に約 35 km のパドヴァ近郊にある研究所である。HIAT09 の会場から船でバス乗り場まで向かい、バス乗車後約 40 分で到着した。INFN-LNL の主加速器は、ターミナル電圧 15 MV の静電加速器 (TANDEM-XTU) と TANDEM-XTU を入射器とした超伝導ライナック (ALPI) などである。写真 4 は、TANDEM-XTU 本体の写真である。この加速器システムは主に重イオン原子核実験に使用されている。TANDEM-XTU とは別に、超伝導 RFQ システム (PIAVE) も ALPI への入射器として設置されていた。その他、開発中のイオン源や超伝導加速空洞、青森県六ヶ所村に建設予定の IFMIF/EVEDA 計画用 RFQ のモデル空洞 (写真 5) なども見学できた。

6. その他・雑感

静電加速器技術に関する国際会議として始まった HIAT であるが、静電加速器分野の発表は 7 件と会議全体の 10% 以下の割合であった。HIAT は、重イオンという加速粒子に限った加速器技術に関する会議であるが、幅広い加速器分野に関して活発な議論と交流がおこなわれた。今後、重イオンを対象とした加速器国際会議として発展していくと思われる。

今回の HIAT から、SAC メンバーとして、理化学研究所の上垣外修一氏が竹内末広氏と交代して加わった。また重イオン加速器の医療応用分野を代表して放射線医学総合研究所の野田耕司氏が加わった。SAC



写真 4 INFN-LNL の TANDEM-XTU



写真 5 INFN-LNL で開発中の RFQ モデル空洞

メンバーも重イオン加速器に関する幅広い分野の専門家から構成されるようになった。

次回の第 12 回 HIAT は、アルゴンヌ国立研究所 (ANL) の主催により、アメリカのシカゴで開催予定である。日本からも多くの重イオン加速器研究者・技術者の方々の参加を期待しています。

謝辞

HIAT09 は、随所に主催者の気配りが感じられ、大変居心地の良い会議であった。Chairman の Giovanni Bisoffi 氏は、常に参加者が会議を楽しんでいるか気を使っておられた。また本報告書の集合写真などもご提供いただいた。氏の心遣いに心より感謝申し上げる。本報告書をまとめるにあたり竹内末広氏、上垣外修一氏にご確認をいただいた。ここに厚く感謝の意を表する。

参考文献

*1 <http://hiat09.lnl.infn.it>