

会議のトピックス(II)

Fast neutron detectors and applications (FNDA) 2006 会議報告

東北大学サイクロトン・ラジオアイソトープセンター

大石 卓司

oishit@cyric.tohoku.ac.jp

2006 年 4 月 3 日から 4 日間にわたり南アフリカ共和国ケープタウン大学において開催された Fast neutron detectors and applications (FNDA) 2006 について報告する。この会議はその名の通り、keV から GeV 領域の中性子検出器の開発と、様々な分野での高速中性子検出器の応用についての会合である。それらには高速中性子発生・計測技術、各種中性子源施設、核データ、シミュレーション技術、信号処理技術、中性子標準、イメージング、医療、工業応用など、高速中性子を中心として、幅広いトピック含まれている。南アフリカには後に紹介する iThemba Laboratory という研究所があり、



図 1 テーブルマウンテンとケープタウン大学記念講堂

ドイツ PTB と共同研究を行っている。そのため、今回の会議は iThemba Laboratory、PTB そしてケープタウン大学が主催となって行われた。参加人数はおよそ 100 名であり、日本からの参加者は東北大の馬場教授、産総研の原野氏、ドイツ GSI の岩瀬氏、ウプサラ滞在中である九大の林氏、そして私の計 5 名であった。参加者の多くはヨーロッパからであり、特に PTB のあるドイツからの参加者が多いように感じられた。

日本からケープタウンへの道のりは非常に長いものであった。日本から南アフリカへの直行便は無く、第三国経由であり、さらにヨハネスバーグからケープタウンへの国内線に乗らねばならず、待ち時間も含めると合計で 24 時間近くを要する。現地での 4 月は夏から秋の変わり目であり、滞在中は非常に快適に過ごすことができた。ケープタウン大学には長い歴史があり、建物、キャンパスも立派なものであった。キャンパスはテーブルマウンテンと呼ばれる切り立った山の麓に位置し、テーブルマウンテンをバックにすると貫禄、迫力が感じられた (図 1)。

発表は全て一つの会場で行われ、大きく分けて 5 つのセッションがあった。各セッションでは第一人者の方々からのレビュートークもあり良い勉強になった。本報告書の末尾に会議のプログラム (オーラルのみ) を添付する。また、アブストラクトは下記 URL にて公開されている。

http://www.ptb.de/en/org/6/fnda_2006/pdf/book_of_abstracts_final_version.pdf

印象に残った発表について紹介する。

A: Fast neutron detectors

中性子散乱断面積測定用の広角反跳陽子テレスコープ SCANDAL、軽イオン生成二重微分断面積測定用の MEDLEY 検出器、加速器駆動核変換システム (ADS) 開発を目的とした鉄や鉛に対する (n, xn) 二重微分断面積測定のための位置敏感型ガス検出器 CLODIA の開発など断面積測定検出器、技術に関する報告が続いたが、私自身も断面積測定をやっているのもので、非常に興味深く、その技術的工夫に注目して拝聴した。

B: Methods and facilities for the production of fast neutrons

まず、大強度単色中性子場についてのレビューがあり、続いて世界の大強度白色中性子場及びその計画についての紹介があった。両発表とも非常に勉強になった。

中性子校正に関する発表では、中性子校正測定における品質管理、高エネルギー中性子 ($\sim 100\text{MeV}$) 施設を有する、日本、アメリカ、ヨーロッパ間での国際比較の提案があり、産総研からも 2.5MeV 単色中性子標準場に関する発表があった。

C: Simulation of detectors and fast neutron facilities

レビュートークでは、MCNPX、GEANT4、FLUKA、MARS、PHITS などの粒子輸送計算コードの比較について発表があり、非常にまとまっており違いが分かりやすかったため、カメラを片手に聞き入った。また、PHITS を用いた高エネルギー重イオン入射による中性子発生計算、GSI の FAIR プロジェクトにおける核破砕片分離用の S-FRS の最適設計についての発表もおもしろく聞かせてもらった。

D: Signal processing and data analysis techniques

私の研究もデジタル信号処理を用いた測定なので、このセッションには大きく期待を寄せていた。このセッションのためにはるか南アフリカまで行ったと言っても過言ではない。レビュートークはデジタル信号処理についてであり、KURRI での中性子吸収断面積測定や Los Alamos National Laboratory での DANCE での使用例が紹介され、アナログ回路との比較などが議論された。頭の中で私の研究と比べつつ熱心に聞いた。また、シンチレータ検出器において、パルスシェイプを用いた n - γ 弁別やパイルアップ除去の手法、FPGA デバイスを用いた小型デジタル波形弁別システムなどの発表は非常に参考になった。私自身もポスター発表ではあったが、鉛スペクトロメータによる核分裂断面積測定にデジタル信号処理を導入した話を発表した。

E: Applications

このセッションでは様々な中性子利用が発表され、興味深く聞くことができた。特に、ラジオグラフィーなどの非破壊検査は非常に鮮明に中を見ることができ、近年の進展には目を見張るものがあった。輸送コンテナ内の検査システム、高速中性子を用いた共鳴ラジオグラフィー、検問所における高速中性子の透過と散乱を利用した爆弾検知システム、フィッション反応による生成中性子を用いたラジオグラフィーの開発、中性子による地雷探知、非合法物質検知、テロ対策などの活動について紹介された。また、医療利用についても多数の発表があり、高



図2 喜望峰

速中性子治療についての紹介もあり驚いた（図4、後述）。

会議は4日間であったが、連日のようにツアーが組まれており、喜望峰、ワイナリー、iThemba Laboratory と、貴重な南アフリカ滞在での良い思い出、勉強となった。喜望峰に行った日は好天に恵まれ、ダイナミックなアフリカの地形を遠くまで見渡すことができた。喜望峰は断崖絶壁であり、そのため高いところから海を眺めることができる。美しい海と空と岩のコントラストが絶景であった。感動が伝わるか分からないが、写真を図2に示す。また、ワイナリーではアフリカンダンスのショーを見ることができ、原始的な楽器のみの複雑なリズムが、エネルギッシュな踊りを引き立てていた。

iThemba Laboratory は南アフリカを代表する研究所で、シマウ

マや鹿が放し飼いされており、伸び伸びとした雰囲気がある（図3）。ここには、サイクロトロンとヴァンデグラフ加速器があり、高速中性子治療や陽子線治療などの放射線治療や、中性子吸収断面積測定など物理実験が行われている。見学の際は加速器運転中であったので、本体室には入れてもらえなかったが、各ターゲットルームを案内していただいた。高速中性子治療の施設は今では数少ないが、使用するガントリーは、図4に示すように床が開いて360度回転する大がかりなものであり、興味深かった。

一週間の短い滞在であったが、南アフリカについての印象を述べる。正直言えば南アフリカについての印象は、出発前はあまり良いものではなかった。というのも、治安が非常に悪いと聞いていたためである。特にヨハネスバーグのダウンタウンでは白昼堂々強盗の類の犯罪が頻発しているとのことであった。実際に行ってみると、大学



図3 iThemba Laboratory のシマウマ



図4 高速中性子治療室

の周りの治安はそう悪くはなく、我々も誰も被害はなかった。しかし、治安の悪さを想像させられることもあった。少し郊外に出た辺りには小さい掘っ立て小屋が数キロにわたって立ち並んでいて、そこには黒人が住んでいるそうだが、町中のヨーロッパ風の美しい町並みとの落差が激しく、貧富の差を目の当たりにさせるものであった。一部を除いてほとんどの黒人は貧しいようであり、逆に白人では例外なく裕福そうである。特に、労働者は必ず黒人であることを見ても、差別が未だ残っていることを感じさせられた。

一方、南アフリカの自然は素晴らしく雄大であり、また荒々しかった。飛行機から眺めると、都市部以外はほとんど荒野であり、季節がらか山にも全く木が生えていないことに驚嘆した。しかし、植物の中には南半球の珍しいものが見られ、良い思い出となった。

今回の会議はあまり大規模なものではなかったが、そのおかげで全ての発表を聞くことができ、非常に有意義であった。全体的にアットホームな感じであり、その点も良かった。また、荒々しいアフリカの自然とヨーロッパの文化が融合した南アフリカでの開催であり、貴重な体験を数多くできた。

なお、本会議のプロシーディングはインターネットジャーナル *Proceedings of Science* (<http://pos.sissa.it/>) ですでにパブリッシュされている。

謝辞

最後になりますが、素晴らしい国際会議を経験する機会を与えてくださった馬場先生に感謝の意を表します。産総研の原田氏には現地で共に行動させて頂き、心強く有難うございました。この原稿の作成にあたっても、お二人の会議報告書を参考にさせていただきました。ありがとうございました。

FNDA2006 プログラム

Monday 3 April
Session 01
Scintillation Detectors for Fast Neutrons
Neutron Detectors for Nuclear Data Measurements
Session 02
INVESTIGATING CRYOGENIC DETECTORS FOR FAST NEUTRON SPECTROSCOPY USING SILICON ABSORBERS AND TRANSITION EDGE SENSORS
LIGHT-ION PRODUCTION AND FISSION STUDIES USING THE MEDLEY FACILITY AT TSL
A Novel Fast Neutron Detector for Nuclear Data Measurements
A COMPREHENSIVE STUDY OF A WIDE ENERGY PROPORTIONAL COUNTER NEUTRON SPECTROMETER
An improved experimental set-up for (n,xn) reactions studies
Session 03
REVIEW OF MONTE CARLO ALL-PARTICLE TRANSPORT CODES AND OVERVIEW OF RECENT MCNPX FEATURES
REFERENCE CROSS SECTIONS RELEVANT FOR NEUTRON DETECTORS
MONTE CARLO SIMULATION OF THE RESPONSE ENERGY DISTRIBUTION OF PROTON RECOIL PROPORTIONAL COUNTERS
Calculation of secondary neutron fields generated by high-energy heavy-ion reactions using the Monte-Carlo code PHITS
Session 04
QUASI-MONOEnergetic NEUTRON SOURCES
FAST NEUTRON BEAMS – PROSPECTS FOR THE COMING DECADE
Development of a Neutron Time-of-Flight Source at the ELBE Accelerator
FAST-NEUTRON PRODUCTION VIA BREAK-UP OF 500 MEV DEUTERONS
A NEW NEUTRON BEAM FACILITY AT TSL
CHARACTERIZATION OF THE 3 MEV NEUTRON FIELD FOR MONOENERGETIC FAST NEUTRON FLUENCE STANDARD AT THE NATIONAL METROLOGY INSTITUTE OF JAPAN
NEUTRONS FOR SCIENCE (NFS) AT SPIRAL-2
Tuesday 4 April
Session 05
FAST NEUTRON AND GAMMA-RAY INTERROGATION OF CARGO CONTAINERS
Fast Neutron Resonance Radiography for Threat Interdiction: Technical Challenges and Preliminary Results
THE NEUTRONIC CHECK POINT: FAST NEUTRON TRANSMISSION MEASUREMENTS TO DETECT

EXPLOSIVE IN VEHICLES
Radiography and Tomography Using Fission Neutrons
Session 06
Neutron diagnostics for reactor scale fusion experiments: a review of JET systems
Description of the TOFOR neutron spectrometer in view of the first results at JET
HIGH RESOLUTION Neutron spectrometry with LIQUID SCINTILLATION DETECTORS for fusion applications
BAYESIAN METHODS FOR THE ANALYSIS OF PULSE HEIGHT SPECTRA FROM LIQUID SCINTILLATION DETECTORS
Upgrade of the Magnetic Proton Recoil (MPRu) spectrometer for 1.5-18 MeV neutrons for JET and the next step
Wednesday 5 April
Session 07
PROSPECTS OF FAST-NEUTRON RESONANCE RADIOGRAPHY AND REQUIREMENTS FOR INSTRUMENTATION
A LARGE AREA FAST NEUTRON DETECTOR BASED ON AN AMORPHOUS SILICON PIXEL ARRAY AND REFLECTIVE TELESCOPE OPTICS
TIME-RESOLVED FAST-NEUTRON IMAGING WITH A PULSE-COUNTING IMAGE INTENSIFIER
Fast Neutron Imaging with CCD-detectors and Image Plates
HIGH ENERGY RESOLUTION FAST NEUTRON SPECTROMETER
Session 08
CANADIAN HIGH-ENERGY NEUTRON SPECTROMETRY SYSTEM (CHENSS)
HIGH ENERGY RESPONSE OF THE EXTENDED BONNER SPHERE SPECTROMETER NEMUS
FAST NEUTRON DETECTORS BASED ON MICROMEGAS TECHNOLOGY
IAEA PROGRAM FOR DETECTION OF ILLICIT MATERIALS
Session 09
Digitisation techniques applied in nuclear experiments
A FPGA-BASED DIGITAL SYSTEM FOR THE ACQUISITION OF NEUTRON PULSE HEIGHT SPECTRA WITH LIQUID SCINTILLATION DETECTORS
PERFORMANCES OF DIGITAL ACQUISITION FOR A BC501A DETECTOR SYSTEM
NEUTRON DETECTION, THE KEY TO DIRECTION SENSITIVE GEONEUTRON DETECTION
Thursday 6 April
Session 10
White neutron sources
Production of Fast Neutrons With a Plasma Focus Device
Radioactive Ion Beam (RIB) Production by Fast-Neutron-Induced Fission in Actinide Targets at EURISOL

International Quality Control of Neutron Calibration Measurements
Portable neutron generators of VNIIA and their applications
Session 11
FUSION NEUTRONICS EXPERIMENTS
MONITORING OF 14 MeV NEUTRONS
High-Energy Neutron Imaging Development at LLNL
NEUTRON DIAGNOSTICS FOR VOID MONITORING IN BOILING WATER REACTORS
TOMOGRAPHY OF CANISTERS FOR SPENT NUCLEAR FUEL
Session 12
RADIATION THERAPY WITH FAST NEUTRONS
EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF SECONDARY FAST NEUTRONS PRODUCED IN CARBON ION RADIOTHERAPY
Fermilab Neutron Therapy Facility / Neutron Spectrum Determination by Threshold Foils
Determination of Neutron Dose from Intensity Modulated Radiotherapy using Threshold Detector Measurements in Phantom
FISSION CROSS SECTIONS MEASURED AT N-TOF WITH A COINCIDENCE METHOD