

者全員に郵送された。Journal of Electron Spectroscopyの特集号企画は、同誌編集者の太田俊明氏の発案によるものである。最後に、関心を同じくする小人数の研究者が集ま

り、議論を深め、互いの理解を深め合うことのできる学術振興会の二国間協力事業は、非常に有意義であることを強調したい。これらのご援助に対して深く感謝する。

LEPS2000ワークショップ (International Workshop on Laser-Electron Photons at SPring-8)

堀田 智明 (大阪大学核物理研究センター)

SPring-8において、蓄積電子ビームとレーザー光のコンプトン散乱によって数 GeV の高エネルギーガンマ線(レーザー電子光)を生成するビームラインが完成し、2000年5月に ϕ 中間子生成のテスト実験が開始された(写真1)。これを機に、関連した物理や実験技術に関する議論の場として、2000年10月14日、15日の二日間SPring-8普及棟においてLEPS2000国際ワークショップ(International Workshop on Laser-Electron Photons at SPring-8)が高輝度光科学研究センターと大阪大学核物理研究センターの共催で行なわれた。ワークショップには国内外から50数名の参加があり(写真2)、19件の公演が行われた。公演内容は MeV 領域の核励起、核反応、天体核物理の話題から数 GeV 領域でのクォーク、グルーオンの物理まで、「レーザー電子光」あるいは「ガンマ線プローブ」をキーワードに多岐にわたるものであった。

原子核、素粒子実験に用いられるガンマ線ビームとしては、高エネルギー電子を物質に照射した時に生成される制動放射ガンマ線が広く利用されて来た。それと比較し、レーザー電子光は、エネルギー分布が平坦でビームに含まれる低エネルギー光子のバックグラウンドが少なく、又、偏光レーザーを散乱させる事で容易に高偏極ガンマ線が得られるといった特長を持っている。特にSPring-8の様ないわゆる第3世代の放射光リングでこの方法を用いると、ビームの指向性、ビームサイズの点でも優れたガンマ線ビームを生成する事が出来る。生成出来るレーザー電子光のエネルギーは、衝突させる電子のエネルギーとレーザーの波長で決まり、世界では、電総研のTERASリング(電子エネルギー800 MeV)、米国BNL-NSLS(2.8 GeV)、フランスESRF(6 GeV)、そしてSPring-8(8 GeV)といった放射光施設でそれぞれ異なるエネルギーのレーザー電子光を用いて原子核、素粒子実験が行なわれている。SPring-8では、最高エネルギー2.4 GeVのレーザー電子光を生成しており、この方法で作られたガンマ線ビームと



写真1 SPring-8のレーザー電子光ビームラインBL33LEP。写真左側のレーザーハッチから蓄積リングに向かってレーザーを入射し、散乱されて来た高エネルギーガンマ線を用いた実験を写真右側の実験ハッチで行っている。



写真2 ワークショップの参加者。SPring-8普及棟前にて。

しては世界最高エネルギーの実験施設となっている。このワークショップでも各施設の最新の実験結果が報告されていた。それぞれの施設の特徴と合わせていくつかをここで簡単に紹介する。

電総研では最高エネルギー800 MeV の電子と Nd-YAG あるいは Nd-YLF レーザーを散乱させて最高エネルギー約20 MeV の偏極ガンマ線を生成している。このビームによる実験としては、天体核物理の課題である元素合成のモデルのパラメータを ${}^9\text{Be}(\gamma, n)$ 反応断面積の精密測定等から決定する実験、 ${}^4\text{He}(\gamma, n)$, ${}^4\text{He}(\gamma, p)$ 反応の測定から核力の荷電対称性を検証する実験、 (γ, γ) 散乱実験による ${}^{144}\text{Sm}$, ${}^{142}\text{Nd}$, ${}^{208}\text{Pb}$ 等の原子核の励起状態の測定結果が報告された。これらの実験はいずれもバックグラウンドが少ないというレーザー電子光の特長を生かして高精度の測定を行うものと言える。又、 (γ, γ) 散乱実験では、ビームの直線偏極と崩壊ガンマ線の核相関によって励起状態のパリティを決定した結果が報告され、高偏極というレーザー電子光の特長を印象付けていた。ESRF のレーザー電子光施設 GRAAL では、6 GeV の蓄積電子に紫外レーザーを散乱させて得られる最高エネルギー1.5 GeV のビームを用いて、中間子生成の実験が行われている。レーザー電子光というビーム自体の特長に加え、実験装置としてほぼ 4π に近い立体角をカバーする大規模な BGO 検出器を備えており、 π , η , ρ , ω 等の中間子生成で優れた統計精度のデータが報告されていた。これらの測定結果から、中間子生成反応に寄与すると考えられる様々な核子共鳴状態についての議論がなされた。特に高偏極のレーザー電子光ビームを用いた偏極観測の測定を通して、より明確に反応機構や核子共鳴の性質についてモデルの違いが議論されており、今後の測定にも期待が持たれる。同じエネルギー領域では、Mainz でも大立体角のガンマ線検出器を用いた中間子生成実験が行われている。こちらは制動放射ガンマ線による実験であるが、反応断面積の高精度な測定結果が報告された。

既に述べた様に、レーザー電子光で現在最も高いエネルギーのビームを生成しているのが SPring-8 である。高いエネルギーのレーザー電子光を生成するためには電子ビームのエネルギーが高い事が本質的に重要であり、ESRF の 6 GeV に対して SPring-8 が 8 GeV と約1.3倍になっただけで、レーザー電子光の最高エネルギーは ESRF の 1.5 GeV から 2.4 GeV と 1.6倍にもなる。このエネルギーの違いは、核子を標的として ϕ 中間子を生成出来るかどうかという点で特別な意味を持っており、SPring-8 はレーザー電子光によるものとしては世界で唯一 ϕ 中間子の生成実験が可能な施設である。 ϕ 中間子はストレンジ・反ストレンジクォークの対からなる中間子で、アップクォーク、ダウンクォークで構成される通常の核子や原子核との相互作用において広いエネルギー範囲にわたってグルーオン交換の寄与が際立っているという特徴がある。ハドロン間に働く相互作用として、グルーオン交換過程は中間子交換(すなわちクォーク交換)過程ほど良く理解されておらず、SPring-8 での ϕ 中間子生成の精密測定を通して低エネルギーでのグルーオン交換過程の理解が深まると期待されて

いる。SPring-8 のレーザー電子光ビームラインでは主な実験装置として、標的の前方方向(ビーム方向)に大きな立体角を持つ磁気スペクトロメーターと飛行時間測定装置を備え、標的から発生する荷電粒子の運動量と質量を測定している。2000年5月から始まったテスト実験では、標的から荷電 K 中間子対が発生したイベントを捕らえ、不変質量分布から ϕ 中間子の生成を確認した。ここでも、レーザー電子光ビームの偏極は重要な役割を果たしており、ビームの直線偏極と ϕ 中間子の崩壊から生ずる K 中間子の放出角度の相関から、グルーオン交換過程とクォーク交換過程がそれぞれどの程度反応に寄与しているかを決定する事が出来る。ワークショップでは実験の現状の報告の他、理論の面からも、核子、中間子やそれらの励起状態といったハドロンがクォーク、グルーオンからどのように形成され、どのような性質を持っているかを研究する上で、数 GeV のレーザー電子光ビームの有用性について議論がなされた。

レーザー電子光の偏極に加え、標的の核子も偏極させる事によって更にユニークな実験が可能になる。米国 BNL の LEGS グループからは、偏極 HD 標的の開発について報告があった。水素・重水素(HD)を強磁場、極低温で固体にすることで偏極した水素あるいは重水素標的を作る技術で、長時間安定して高偏極を保持し、標的に含まれる他の原子核の割合が小さい等実験の面からは好ましい特性を持っている。かなり以前から開発の試みがされて来たものが、ようやく実用化に近づき、開発した LEGS グループだけでなく、GRAAL や SPring-8 でも使用が検討されている。レーザー電子光を用いた実験に関連した技術では、この他にビームの偏極度を測定する装置等も紹介されていた。ビームを生成するための技術としては、電子と散乱させるレーザーとして FEL を用いる方法や遠赤外線レーザーを用いる方法等について議論されていた。例えば、SPring-8 の 8 GeV 電子に遠赤外線レーザーを散乱させると 10 MeV 以下のガンマ線ビームを大強度で生成できる可能性がある。そのために SPring-8 で開発されている高出力長波長レーザーについて報告があった。

レーザー電子光を含め、原子核、素粒子の研究にガンマ線あるいは電子散乱といったいわゆる電磁的プローブを用いる施設として、新しい施設がいくつか計画、建設されている。ワークショップでは、国内から、理研の RI ビームファクトリーで RI ビームと電子を散乱させて不安定核の構造を研究する計画や、最近完成した東北大核理研のストレッチャー・ブースターリング施設について報告があった。

ワークショップ初日の午前中には、SPring-8 のレーザー電子光ビームライン BL33LEP の見学が行われた。見学者の間からは、レーザー電子光生成に関する技術的な質問や、我々の実験装置を前にして現在行っている実験や将来計画についての活発な議論がなされ、大変盛況であっ

た。他の放射光施設でレーザー電子光を使っている見学者の間では、レーザー電子光の生成が原理的に放射光リングの蓄積ビーム寿命を縮めるという事に対し、それぞれの施設でどの様に対応がされているか、といった問題も話題に上っていた。

レーザー電子光は、レーザー技術の発達、加速器科学、加速器技術の発達による高性能放射光施設の完成によって

実用化された、比較的新しいガンマ線源である。その優れた性質を生かした実験が多様なテーマで行われており、今後ますます新たなデータが期待される。今回のワークショップは大規模な会議ではなかったが、テーマは広範囲にわたり、狭い意味での普段の専門分野から離れたテーマについても議論する事ができ、有意義な会であった。

ICSG2000サテライト・播磨国際ワークショップ報告

宮野 雅司 (理研・播磨研究所)

2000年11月7日、8日にICSG2000のサテライトとしてSPring-8の普及棟・大会議室で「Harima Workshop on Implementation for High-throughput Structure Determination by Protein Crystallography—Present Status and Future Goal—」(Harima Workshop)が開催された。

このワークショップは、構造ゲノム科学の広範な内容をカバーしたフォーラムで簡略された内容の本会議ICSG2000に対して、添付した開催プログラムからもわかるとおり表題通りの実務的な構造ゲノム科学の主要な技術である放射光結晶構造解析技術における自動化技術の最新の世界の状況が展望と実質的な議論ができた会議であった。

参加者は宿泊の限られるSPring-8サイトとしての限界に近い100人以上が国の内外から参加した。参加者のうち、構造ゲノム科学プロジェクトを推進しているアカデミアからはもちろん、構造ゲノム科学ベンチャーのJanet Newman (SGX, San Diego, USA), Ray Stevens (Syrrix/Scripps, San Diego, USA), Harren Jhoti (Astex Cambridge, UK), 結晶解析機器・ソフトのメーカーChris Neilsen (ADSC, San Diego, USA), Tom Oldfield (MSI, York, UK), Joseph Ferrara (MSC, Texas, USA)といったこの分野での先導的技術開発を進めているベンチャー、専業企業からの実際の開発に携わっている第一線の研究者も含めたはじめての世界的ワークショップとなった。現在どのような技術が現実であり、どのような技術開発がなされなくてはならないかが世界の第一線の研究者に共有された。このことで、ますます共同研究の必要性が認識され、講演の間に比較的長く取られた休憩時間、食後のレセプションそして懇親会での実質的な意見交換と今後の共同研究の話が多くなされた。特に、今回のようなワークショップの継続的開催が閉会の挨拶のなかで確認され、Tom Ter-



参加者の写真

williger (LNBL) と Samar Hasnain (Daresbury) の二人が協力して次の開催を約束して閉会することができた。

現在、播磨でも理研構造ゲノミクスイニシャチブ(RSGI <http://rsgi.riken.go.jp/>)の一環としてハイスルーブットファクトリーが計画されているなかで、当日参加者の過半をしめるSPring-8サイトの研究者に対する意識の向上と、これからの動議付けが強くなされたと理解している。

当日の参加者は

		うち海外	企業
招待講演者	23人	18人	5人 (5)
事前登録参加者	46人	15人	13人 (7)
当日登録参加者	40人	0人	12人
総計	109人	32人	33人 (海外)

ハイスルーブットのための放射光タンパク質結晶構造解析技術における効率化と高速化のための自動化技術的の最新の世界の状況と展望の共通の理解に達したこと、そして、つっこんだ議論、そして、現在開発されているシステムの実演のためのデモを含めた国を越えたアカデミックそして企業の壁も越えた今回のワークショップは大きな構造ゲノム科学のうねりの断面を明らかにした。このワークシ