

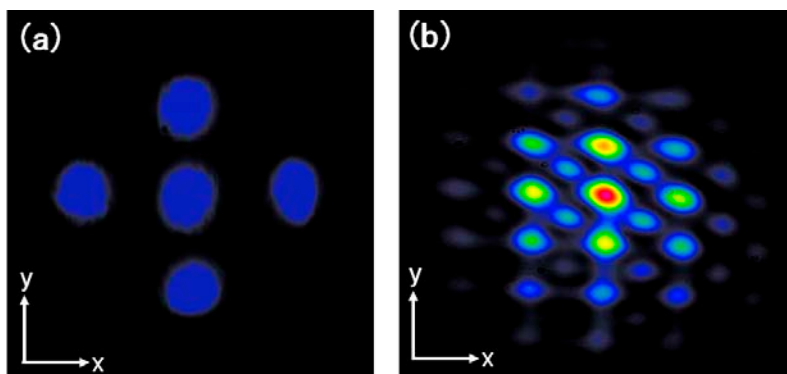
2014, Feb.

No. 311

レーザー・クロス CROSS

CONTENTS

- 単一光検知器による
新しいコヒーレントビーム結合法の開発
- 第10回世界鉄道研究会議(WCRR 2013)参加報告
- 【光と藤】天晴れ リケジョの活躍
- 主な学会等報告予定



【表紙図】CCDカメラにより観測した(a)タイル状に配置した5本のビームの近視野(near-field)画像、(b)コヒーレントビーム結合後の5本のビームの遠視野(far-field)画像(色の違いは光強度の変化を示す)

単一光検知器による 新しいコヒーレントビーム結合法の開発

レーザープロセス研究チーム ハイク コスロービアン

■はじめに

ビーム品質の高い超高強度レーザーは、レーザー加工等さまざまな用途に必要とされている。平均出力kWクラスのレーザーシステムから超高強度のレーザーを得るためには、複数のレーザービームを合成する“ビーム結合”の概念は現実的な方法の一つである。当研究所では三菱重工業株式会社と共同で、各ビームチャンネルの位相モニタリングに一对のフォトダイオードを用いた新しいコヒーレントビーム結合(Coherent Beam Combining(CBC))法を開発した¹⁾。この手法は位相制御のための複雑なアルゴリズムを必要とせず、実装が容易であることが特徴である。しかしながら、例えばレーザーライダー等、いくつかの特定の用途においては、単一の光検知器を用い、すべてのビームチャンネルの位相を簡単に制御できるようなビーム結合法を用いることが望ましい。マルチディザリング法²⁾や確率的勾配降下法を応用した手法³⁾等、単一の光検知器によるコヒーレントビーム結合法はこれまでも提案されて

おり、実験例も報告されているが、これら手法のほとんどは洗練されたエレクトロニクスや複雑な位相制御アルゴリズムを必要とし、実用化には課題も多い。この問題を解決するため、我々は光検知器への光路上に空間フィルタを導入することにより、複数のビームをクラスタに分割した後、各クラスタのCBCを連続的に行う、という新しい発想のビーム結合法を提案している。この手法は、一度に行うCBCのビーム数が少ないため位相制御アルゴリズムが簡単で、結合するビームの総数を増加させることも比較的容易であることが大きな利点である。本稿では、原理実証のため5ビーム(ダブルクラスタ)のCBC装置を構築し、ビーム結合実験を行った結果について報告する。

■単一光検出器によるビーム結合システム

実験では、主発振器から出力したレーザーを同じ光強度の5本のビームチャンネルに分割し、模擬光源群として用いた。各ビームチャンネルは、隣接したビーム間距離が4mmのタイル状になるように配置した(表紙

次ページへつづく▶

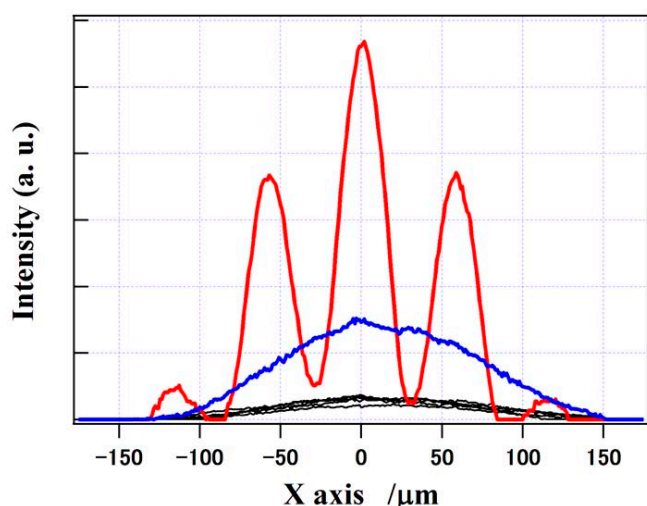
図(a))。おのおののレーザーの増幅過程では、熱的、機械的、非線形光学効果等に起因するビーム位相の独立した時間変化が誘発されるため、それらを補償する必要がある。我々の方式では、表紙図(a)の中央のビーム(第5ビーム)位置での遠視野像(FFP)の光強度信号を単一のフォトダイオードによりモニターし、他の4本のビームの光路上に配置したピエゾアクチュエータへのフィードバック信号に用いることで、各ビームの位相の補償および固定を行う。中央の第5ビームは参照光として用いるため位相制御の必要はない。さらに、計算負荷を低減するため、空間シャッターを用いて5本のビームを2つのクラスタに分割し、簡単なヒルクライム法を用いてクラスタ毎に遠視野中心の信号強度を最大

化する。CBC後のビームプロファイルを表紙図(b))に示す。ビームの位相が補償されているため5本のビームが干渉し、中心部の光強度が大きく増大していることが分かる。実験から、各ビーム間の位相差($\Delta\phi$)の最小値は約0.2ラジアンまたは $\lambda/30$ と推定された。図1に、結合前(図中黒線)、インコヒーレント結合後(青線)、コヒーレント結合後(赤線)の各ビームの遠視野像の水平軸(X軸)方向の光強度分布を示す。CBC後のビームのピーク強度はインコヒーレント結合後のそれに比べ3倍以上増大しており、本手法が高い性能を持つことが明らかとなった。

■まとめ

我々は、単一の光検知器と空間フィルターを用いた新たなCBC法を提案し、模擬光源を用いて5ビームのCBC実験と理論研究を行った。現在の装置条件でのビーム結合精度(RMS偏差)は約 $\lambda/30$ であった。実際のレーザー増幅システムではビームの位相ドリフトは速いと予測され、電気光学変調器(EOM)のような高速応答の位相シフターを用いる必要があるだろう。本手法は主発振器-増幅器システム(MOPA)への適用も可能であり、今後もさらに研究を進展させていく。

- 1) H. Chosrowjan, H. Furuse, et al., Opt. Lett., 38, 1277-1279 (2013).
- 2) T. M. Shay, Opt. Express, 14, 12188-12195 (2006).
- 3) T. M. Shay, V. Benham et al., IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, 13, 480-486 (2007).



【図1】遠視野での結合ビームの水平軸(X軸)に対する光強度分布。図中黒線は結合前の各ビーム、青線はインコヒーレント結合後、赤線はコヒーレント結合後のビームの強度分布を示す

第10回世界鉄道研究会議(WCRR 2013)参加報告

■WRCC開催される

2013年11月24日～29日にシドニー(豪)で開催された第10回世界鉄道研究会議(10th World Congress on Railway Research, WCRR 2013)に参加した。本会議は、1992年に鉄道総合技術研究所が東京で開催した国際セ

レーザー計測研究チーム 島田義則

ミナー(「鉄道総研国際講演会 - 世界の鉄道における現状と将来」)が発端となり、鉄道技術全般の意見交換や国際交流を行う場として日本、アメリカ、イギリス、フランス等当時の参加国により組織されたものである。その後会議は2年に1度、各国で開催されるようになり、

今回で第10回を数える。会場はシドニーの中心に位置するシドニー国際会議・展示センターで、路面電車(ライトレール)のコンベンション駅から歩いて1分という便利な場所にある。会議には、鉄道関連企業や大学を含め世界30カ国以上から約550名もの参加があり、口頭188件、ポスター133件の研究発表が行われた。日本からは、鉄道総合技術研究所30名、西日本旅客鉄道6名、その他東日本旅客鉄道、東海旅客鉄道等併せて約80名が参加した。オープニングセッション(写真)は、鉄道会社が参加するだけあって豪華なセッションであった。会議は毎朝開かれる全体セッションと8つのセッションで構成された。

■トンネル検査実験に各国が高い関心

筆者らは、「Development of non-destructive inspection method for concrete elements in tunnel linings using remote laser sensing」と題し、レーザーリモートセンシングによる鉄道トンネルの非破壊検査の研究成果について発表を行った。新幹線トンネル内で行ったコンクリート欠陥検査の様子をビデオで流すと、会場内からざわざわと話し声が聞こえた。聴講者に大きなインパクトを与えることができたように思われる。質問は3件、まずスペインの研究者からレーザーの危険性について質問があったが、レーザーが皮膚等を与える影響はないこと等を答えた。また、計測可能な欠陥の深さと今後の課題について質問があったが、現状で計

山中千代衛



天晴れ リケジョの活躍

理系の大学や研究機関に進む女子は増えつつあり、2013年度は12万7800人で20年前の2.2倍になったという。理・工・農学部の大学一年生

で女性が占める割合も1990年度の9.3%から13年度には19.7%まで増加している。

人口減少、高齢化のすすむわが国において女性の出番が増えるのは誠に喜ばしい。それでも海外に比べるとわが国の女性の科学分野への進出は目立って少ない現状である。因みに科学分野での女性研究者の割合はロシア42%、英国39%、イタリア36%、米国35%、フランス25%、ドイツ24%、日本14%となっている。

大学教員の数では13年度、人文科学系では女性が2割を上回るが、理学は7.9%、工学は4.4%、農学7.8%に過ぎない。女性として家庭と仕事の両立、育児の問題などいろいろ難しい事情がある。

1月30日、理化学研究所、発生・再生科学総合研究センターの研究ユニットリーダー 小保方 晴子さんの研究成果として、マウスのリンパ球を酸性の溶液に浸して刺激を与えるとあらゆる細胞に変化できる万能細胞「STAP細胞」(刺激惹起性多機能獲得細胞)が出来るというニュースが大きく取り上げられた。

若干30歳の日本女性が割烹着姿でこの偉業を成し遂げたのである。当初「Nature」の査読者は「何百年の細胞生物学の歴史を愚弄している」と却下した由である。

ノーベル生理学・医学賞に輝いた京都大学の山中伸弥教授のiPS細胞(人工多能性幹細胞)は遺伝子操作という力技で人の皮膚細胞を初期化させたものであるが、彼女のマウスの白血球のリンパ球を簡単に初期化させた偉業はまことに天晴れと言うべきである。今後人の細胞にまで研究を展開出来れば、新しい生物学の歴史の扉を開くことになると思われる。

ところで大阪大学レーザー核融合研究センターでも30年の昔、多数の女子研究者を採用したが、小生のリーダーとしての不明もあって、その新しい力を存分に発揮させるに至らなかった。レーザー核融合という大チームによる研究体制ではなかなか個人の力を発現することは困難な面もあったが、今から考えると何か手の打ちようがなかったか、きわめて残念な気分にも襲われる。

人口の半分は女性であるから、その人達の天分、能力を十二分に働かせる環境づくりが強く求められる。

これから21世紀において成熟社会を迎えるわが国日本は、女性の活躍する分野を大々的に展開しなければ、将来への展望が開けないと感じる今日此頃である。

【名誉所長】



【写真1】オープニングセッションの様子

測可能な深さは5cm、今後は実欠陥データベースを構築することが重要であることを述べた。

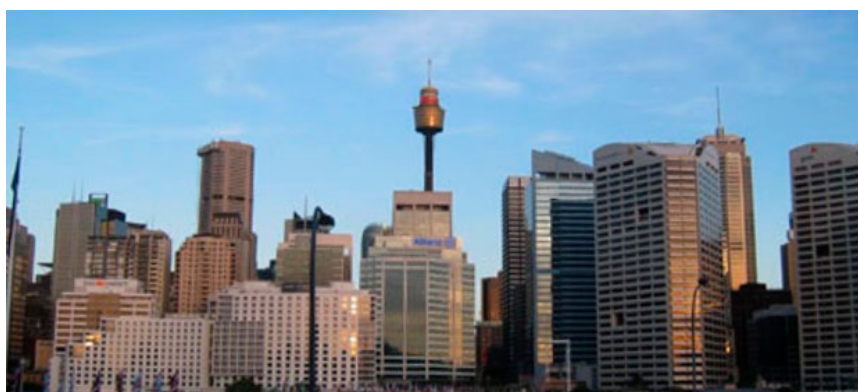
■レーザースキャナーによる経年劣化診断

この会議で目立った発表は3Dレーザースキャナーを用いた形状計測技術である。この技術は近年めざましく進歩しており、フランスではトンネルの全断面を画像処理する技術が開発されていた。日本からもレーザースキャナーを用いて橋脚の経年劣化を計測するシステムが紹介された。昨年度の画像と今年の画像とを比較することで経年劣化を判定することができるとのこと。年毎にコンクリート部分が剥離する様子が可視化で

きるのは非常にインパクトがあった。また土木分野では、従来の目視による点検ではなく、レーザースキャナーやカメラを用いて構造物の形状をCAD化し、計測データを年毎に比較することで経年劣化を把握し、を行う手法(Construction Information Modeling/Management、CIM)の開発が進みつつあった。我々の計測装置にもレーザースキャナーあるいはカメラ等を導入し、“目”を持った高度な検査装置に改良していく必要があることを実感した。

■次回はイタリアで開催

今回のWCRRは3年後、2016年5月にイタリア・ミラノで開催されることが決まっている。その時にはCIMの開発がさらに進んでいるものと思われる。次の会議への参加が楽しみである。



【写真2】シドニー中心部(CBD)の町並(中央はシドニー・タワー)

主な学会等報告予定

- 3月17日(月)～20日(木) 第61回応用物理学会春季学術講演会(青山学院大学相模原キャンパス)
 染川 智弘「レーザーラマン分光法による変圧器油中フルフラールの分析」
 谷口 誠治「液中レーザーアブレーション法による還元鉄ナノ粒子の作成と水素生産への応用」
 李 大治 「負の屈折率平板表面電磁モード解明」
 ハイク コスロービアン 「単一検出器とSPGDアルゴリズムを用いた重ねアパーチャコヒーレントビーム結合技術」
- 3月18日(火)～20日(木) 電気学会全国大会(愛媛大学城北キャンパス)
 島田 義則「レーザーを用いたトンネル覆工コンクリート欠陥検査法の研究」
- 3月27日(木)～30日(日) 日本物理学会第69回年次大会(東海大学湘南キャンパス)
 砂原 淳 「レーザー駆動高カレントによる高強度磁場生成時のコイルの輻射流体力学的特性と磁場強度」
 古河 裕之「レーザー核融合炉チェンバー第一壁の液体金属のアブレーションに関する2次元シミュレーション」
 中村 龍史「レーザー生成プラズマからのEUV光発生に関するシミュレーション研究」
- 3月27日(木)～30日(日) 日本化学会第94春季年会(名古屋大学東山キャンパス)
 谷口 誠治「液中レーザーアブレーション法による金属還元ナノ粒子の作成と水素生産への応用」