



平成29年4月21日

報道関係者各位

大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構

500mの“レーザーの直尺”で地面の微小変動を連続観測に成功
--大規模地震や地殻変動の監視システムなど、新たな応用に期待--

本研究成果のポイント

- ・ 長距離線形加速器の高精度アライメント^{*1}を目的として、レーザー装置を使って500mのトンネル床面の微小な変動を8ヶ月間連続観測することに成功
- ・ この結果、床面が一日当たり約5 μ m(ミクロン^{*2})の大きさで複雑に変位していることが分かった
- ・ この計測技術は、SuperKEKB^{*3}プロジェクトの入射ビームの高効率化・安定化に活用されるだけでなく、大規模地震や地殻変動の監視システムなどにも応用可能

【概要】

高エネルギー加速器研究機構(KEK)加速器研究施設の諏訪田剛(すわだ つよし)准教授らの研究グループは、KEK電子陽電子線形入射器(以下、入射器)において高精度レーザーアライメントシステム(図1参照)を利用して、トンネル床面の微小変動の連続観測を平成28年1月7日から8ヶ月間実施しました。

本システムのレーザー入射角度を±百万分の3度の範囲に安定させた「高精度レーザー直尺」(図2参照)と、トンネル床面に分散配置された光センサーの自動計測技術は独自開発です。観測データによると、床面の日々の動きは複雑で不規則ですが、全長にわたり一日約5 μ mの大きさで変位していることが分かりました(図3参照)。毛髪の太さよりはるかに微細な動きがレーザー直尺で計測可能になったのです。

この成果は、現在KEKが進めているSuperKEKBプロジェクトの入射器の性能向上だけでなく、次世代の長距離線形加速器の高精度アライメントに応用、さらにはビームをリアルタイムに高精度自動補正する技術や大規模地震や地殻変動の監視システムへの応用にも期待が出来ます。

【背景】

現在、KEKではSuperKEKB加速器の試運転が行われています。70億電子ボルトの電子と40億電子ボルトの陽電子を衝突させ、生成されるB中間子群の崩壊現象から様々な高エネルギー素粒子反応を検証することが目的です。SuperKEKB加速器は、電子と陽電子を供給する入射器と衝突させるリングで構成されます。B中間子を大量に生成させるには、大量の電子と陽電子を効率的にリングに供給することが重要です。

全長600mの入射器の最長直線部は500mあり、リングへの安定供給には入射ビームの安定した加速・輸送が欠かせません。これを実現するには入射器を構成する多数の加速装置が±100 μ mの範囲で一直線に並んでいる必要があり、基準となる長い直尺が必要

です。さらに直線上に設置しても床面が次々刻々と変化するので、その変位を常時観測する必要もあります。そこで研究チームは、真空中で直進する性質があるレーザーを長直尺として利用することにしました。複雑で不規則に変動する床面変位の高精度観測を常時行うことができるからです。

【研究内容と成果】

本成果の主目的は、長距離線形加速器の高精度アライメントへの応用ですが、微小地面変動の高精度観測網にも応用可能であることを実証したとも言えます。本成果は、ダム事業、トンネル構築、堤防建設など高精度な長直尺を必要とする大規模土木事業などの産業応用や、地震・地殻変動を監視するための大規模観測網にも応用できると期待されます。

本研究成果は、米国学術誌『Phys. Rev. ST Accel. Beams』オンライン版（2017年3月21日：米国東部時間）にて公開されました。

T. Suwada, Y. Enomoto, K. Kakihara, K. Mikawa, and T. Higo, “Real-time observation of dynamic floor motion of the KEKB injector linac with a laser-based alignment system”; Phys. Rev. ST Accel. Beams 20, 033501 (2017); [DOI: 10.1103/PhysRevAccelBeams.20.033501];

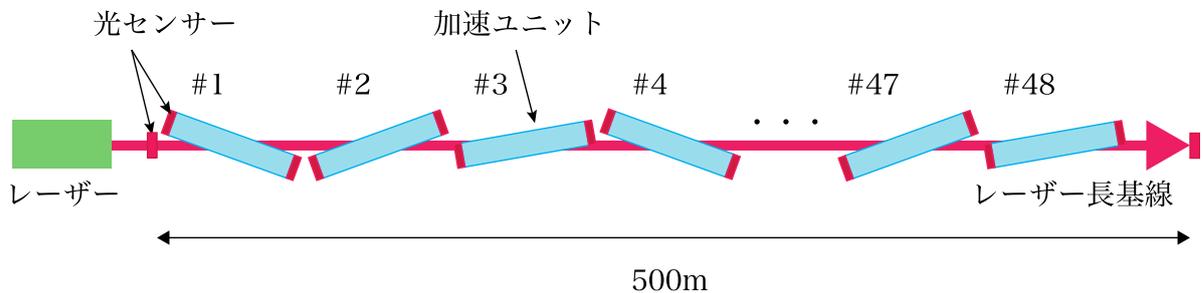


図1. KEK電子陽電子入射器の500m長直線部に並んだ48台の加速ユニット。加速ユニットの両端には高精度な光センサーが取り付けられています。レーザー装置から出射したレーザーは長基線を形成し500m長の直尺となります。レーザー長基線が光センサーの中心に一致するように加速ユニットを機械的に調整すれば48台の加速ユニットを精度よく一直線上に並べることができます。

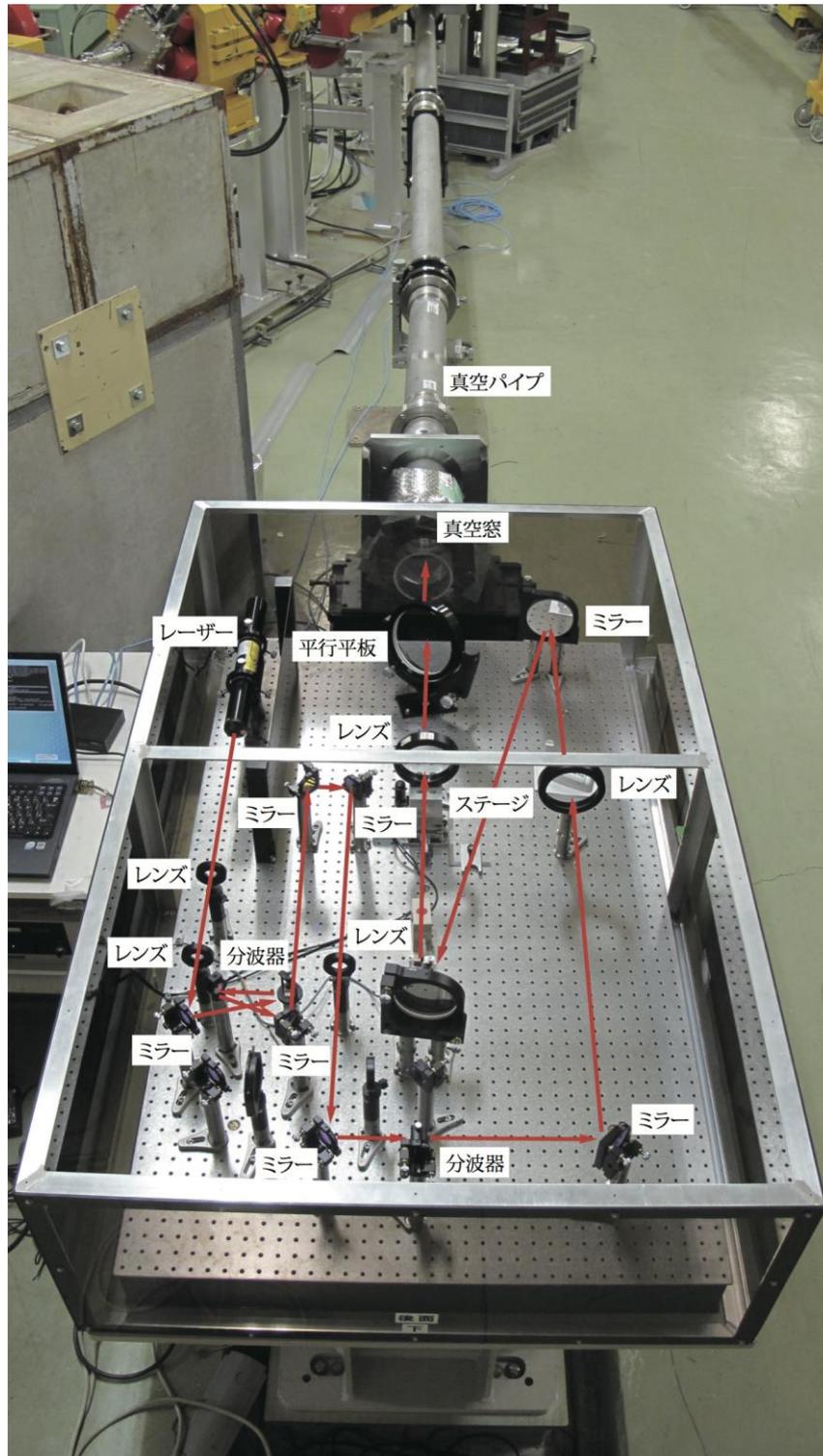


図2. 独自に開発されたレーザー光学系。レーザー管から出射したヘリウム・ネオンレーザーは幾つかのレンズやミラーによりレーザー径が徐々に拡大され、真空窓で仕切られた金属パイプに入射し500m長のレーザー直尺を形成します。

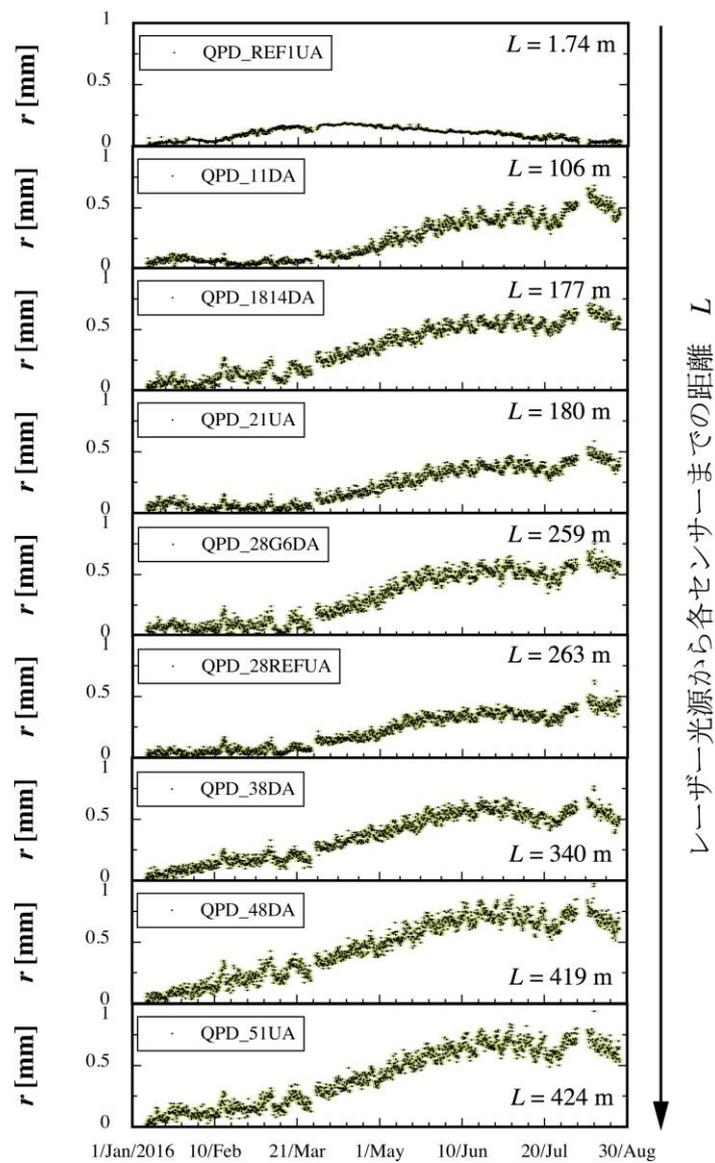


図3. 入射器地下トンネル床面の微小変動の8ヶ月に及ぶ連続観測の測定結果。図は500 m長の床面の複数の場所に分散配置された光センサーを用いて計測された床面変位の大きさの時間推移を示しています。

【お問い合わせ先】

<研究内容に関すること>

研究グループ（機関代表者）

大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構

加速器研究施設 准教授 諏訪田 剛

TEL：029-864-5684

<報道担当>

大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構

広報室長 引野 肇

Tel：029-879-6046

Fax：029-879-6049

E-mai：press@kek.jp

【用語解説】

※1. アライメント

直線や円形など特定の形状に沿って機器を高精度に設置する技術

※2. ミクロン

ミクロンは千分の1ミリメートル

※3. SuperKEKB

高エネルギー加速器研究機構のプロジェクトで、2008年に小林誠・益川敏英両氏のノーベル物理学賞受賞に貢献した電子・陽電子衝突型加速器（KEKB加速器）と電子と陽電子を衝突させて生成した粒子を観測する測定器（Belle 測定器）の40倍の性能向上を目指した加速器（SuperKEKB加速器）と測定器（Belle II測定器）を用いた素粒子実験