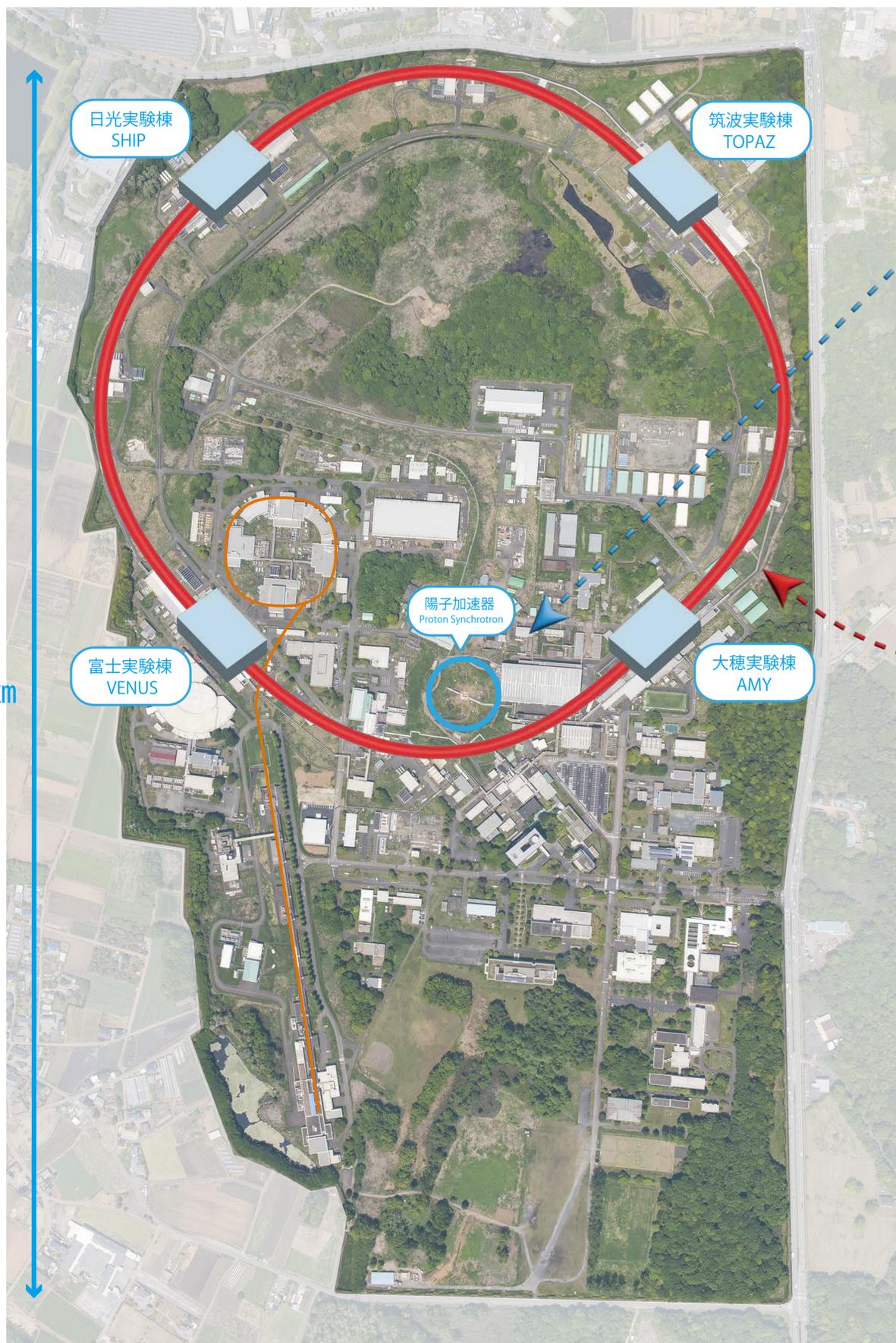


1

大型加速器をもつ研究所としての世界デビュー



1976年、KEKは念願の(PS: 陽子シンクロトロン)を完成させました

その大きさは直径108 m、エネルギーは当初 8 GeV (最終的に 12 GeV (ギガ電子ボルト))でした
一方、アメリカやヨーロッパでは同等以上の加速器がすでに運転中、エネルギーが数十倍の陽子加速器も稼働を始めていました

この陽子シンクロトロンの建設途上の1974年、アメリカの**電子・陽電子衝突型加速器 (SPEAR)**が、それまでの常識では考えられない新粒子を発見するという快挙を成し遂げ、アメリカやヨーロッパでは次々とこの電子・陽電子衝突型の加速器を建設し始めました

KEKも1986年、**電子・陽電子衝突型加速器「トリスタン」**を完成させました。これは、直径 1 km で、完成当時電子・陽電子衝突型としては世界最大を誇り、エネルギーも世界最高でした。これで KEK は「高エネルギー加速器をもつ研究所」として世界から認められる段階に達しました



研究者に聞きました！ “トリスタン” 命名エピソード

トリスタンの名前の由来を教えてください。

KEKの2代目所長の西川哲治氏は、ワーグナーの楽劇「トリスタンとイゾルデ」のファンでした。西川氏は自らが1973年に提唱した大型加速器計画に「トリスタン計画」と名前をつけました。しかし、加速器計画にただ単に音楽の題名をつけたのでは少し変に思われると考えたのか(?), TRISTANとは、“Tri-ring Intersecting Storage Accelerators in Nippon”の頭文字を並べたものであるということにしたそうです。Tri-ringとは「3本のリング」を意味し、1つの加速器トンネルの中に3本の加速器を建設し、電子と陽電子、電子と陽子の衝突などの実験を行うということが考えられていました。

ところが1974年、米国のスタンフォード線形加速器センターの電子・陽電子衝突型加速器で、 Ψ (プサイ)粒子と呼ばれる新粒子が発見されました。この粒子は、それまでの常識からは考えられない性質をもち、素粒子物理学界に大きな衝撃を与えました。このことを受け、多くの素粒子研究者の中に「これからは、電子・陽電子衝突がこの世界の加速器の本流だ」との認識が生まれてきました。この「革命」により、トリスタン計画も陽子を用いることをやめ、電子と陽電子の加速器だけ建設するという形に設計変更がなされました。こうなってしまうと、これはもう「3本のリング」ではないことになります。そこで「3本のリング」の名称はやめにして、新しくTRISTANの語源が考え直されました。それが“Transposable Intersecting Storage Accelerator in Nippon”です。西川氏が計画を提唱して13年後、トリスタン加速器は無事完成をみました。その記念すべき最初の加速器運転の日、KEKの所内放送にワーグナーの「トリスタンとイゾルデ」が流れました。1986年のことです。そのころの音源は現代のようなデジタルではなく、直径30センチのLPレコードです。

ありがとうございました。
KEK 史料室には、その時に使用されたレコードが資料として保存されています。

2

電子・陽電子 衝突型加速器のサイズ

加速器のサイズを大きくすると、エネルギーを高くすることが可能になり、未知の新粒子を見つける確率が高まります

PETRA (ペトラ)
実験開始年：1978年
周長：2,304 m

PEP (ペップ)
実験開始年：1980年
周長：2,167 m

TRISTAN (トリスタン)
実験開始年：1986年
周長：3,018 m

SPEAR (スピア)
実験開始年：1972年
周長：234 m

CESR (シーザー)
実験開始年：1979年
周長：768 m



SPEAR (スピア)

実験開始年：1972年
周長：234 m
組織・国：スタンフォード線形加速器センター(SLAC)・アメリカ



PETRA (ペトラ)

実験開始年：1978年
周長：2,304 m
組織・国：ドイツ電子シンクロトロン(DESY)・ドイツ



© DESY 2010

CESR (シーザー)

実験開始年：1979年
周長：768 m
組織・国：コーネル大学・アメリカ



© Cornell University

PEP (ペップ)

実験開始年：1980年
周長：2,167 m
組織・国：スタンフォード線形加速器センター(SLAC)・アメリカ



© 2025 Google

TRISTAN (トリスタン)

実験開始年：1986年
周長：3,018 m
組織・国：高エネルギー物理学研究所(KEK)・日本



3

トリスタン加速器と測定器



加速器トンネル内部

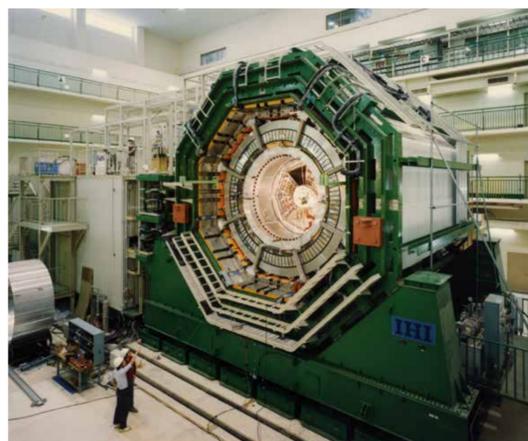
トリスタン加速器は1周3 kmのトンネル内に作られた巨大な円形加速器です

日本初の衝突型加速器：単一の円形加速器の中で電子と陽電子ビームを反対向きに走らせ、ビームが正面衝突するとき起きる反応を詳細に観測します

トリスタン実験では、3つの大規模汎用測定器、VENUS(ビーナス)、TOPAZ(トパーズ)、AMY(エミー)と、磁気モノポール探索装置 SHIP(シップ)が4か所のビーム衝突地点に設置されました



VENUS 測定器

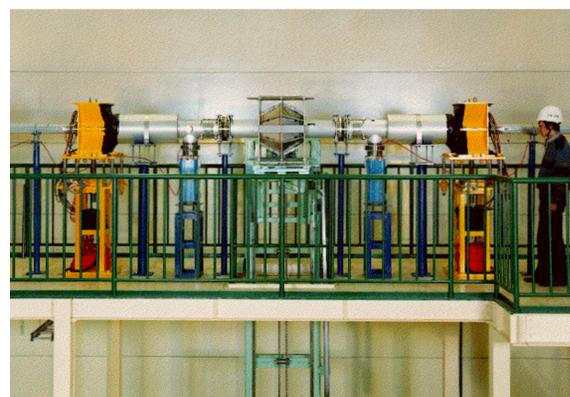


TOPAZ 測定器

AMY 測定器は、日米中韓の研究者が共同で建設しました
KEK は、国際的な共同研究の拠点として、世界に認められる研究所になりました



AMY 測定器



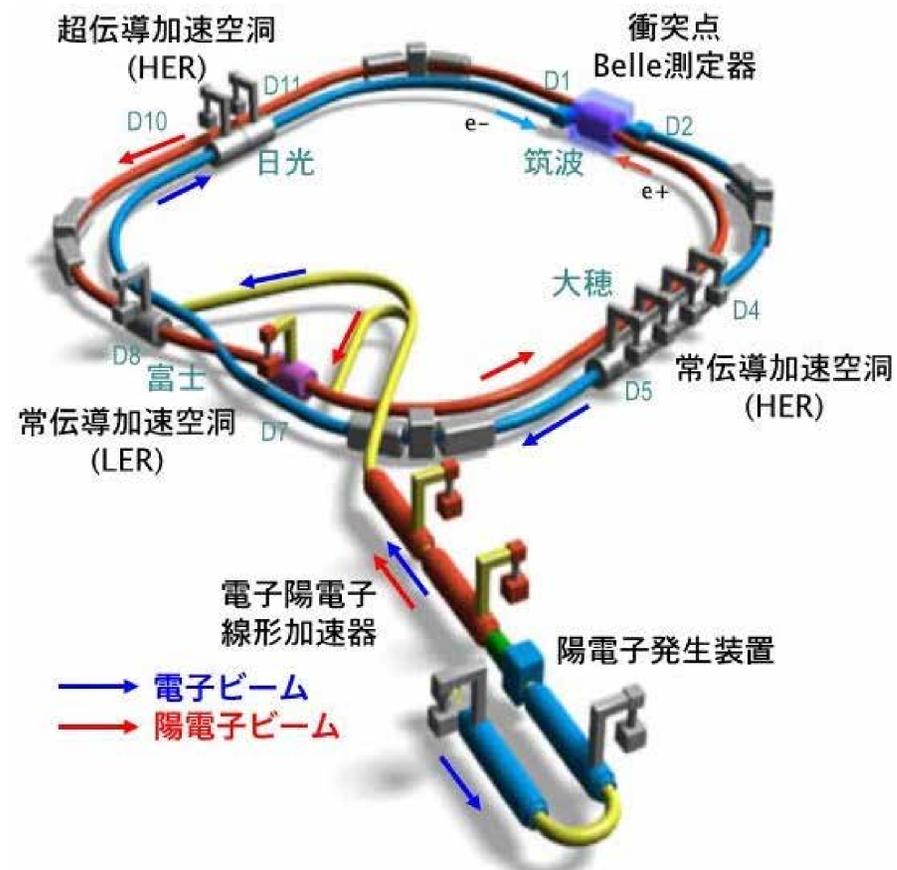
SHIP 測定器

トップクォークの探索、量子電気力学や量子色力学の精密データ採取などを行い、大規模な超伝導加速空洞を採用するなど、年々巨大化してゆく加速器運転の難しさを克服する経験を積むことができました



4

トリスタンから KEKB 加速器へ

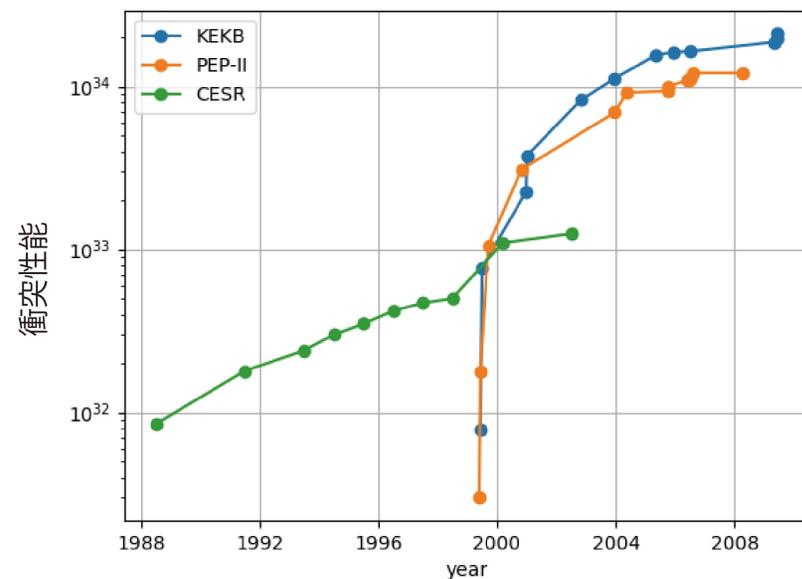


【図1】KEKB 概念図

KEKは1999年、トリスタン加速器の経験を最大限に活かし、次期計画として KEKB 加速器を完成させました

KEKB では、電子用、陽電子用として、別々の円形加速器を同じトンネル内に並べて作ります。1か所にだけ両加速器の交差点を作っておくと、そこでビームが衝突し、さまざまな素粒子反応がおきます。その交差点を取り囲むように Belle 測定器をおきます (図1)

1970年代の陽子シンクロトロンや1980-90年代のトリスタンで育った人材と技術、ノウハウ、またトリスタン時の多くの資源を活用しながら、斬新かつ前例のない設計思想に基づき、極めて高い「**ルミノシティ**」(衝突性能)を実現し、この指標で世界のトップに躍り出ました (図2)



【図2】ルミノシティ(衝突性能)の推移

CHECK

コラム：ルミノシティ

素粒子実験を行うとき、注目する反応を多量に起こさせ観測します。反応が起こる確率(ギリシャ文字 σ で表すことが多い)は、自然法則によって決まります。実験中、実際に起こる反応の数 N はこの σ に比例しますが、その比例係数を L と書くと、 $N=L\sigma$ となります。この比例係数は L は「ルミノシティ」と呼ばれ、衝突型加速器の性能の目安です。 σ は自然の法則により決まります。この量が実験で知りたい量です。いっぽう、 L は人間の弛まぬ努力(ビームを細くする、より多くの粒子を加速器に詰め込む)によって、より高い値に押し上げることが可能です。この量をいかに高い値にできるかが、加速器物理学者の腕の見せ所です。

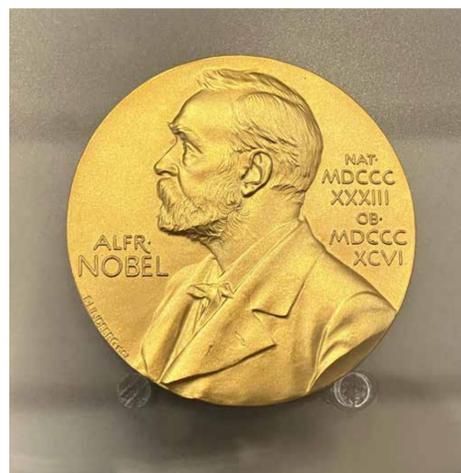
5

KEKB 加速器を用いた小林・益川理論の正しさの証明

1973年、益川敏英博士と小林誠博士は、当時、素粒子物理学界で大きな注目を浴びていた“CP 対称性の破れ”を説明する論文を発表しました。論文では、(1) 当時 K 中間子の崩壊で知られていた“CP 対称性の破れ”はクォークが 6 種類あれば説明できること、そして (2) 5 番目のクォークを含む B 中間子（当時は未発見）でも“CP 対称性の破れ”が見え得ること、が指摘されました。魅力的なこの理論ですが、(2) については長年にわたって仮説にとどまっておき、実験でその確かさを証明する必要がありました。

理論発表から四半世紀以上も経った2001年、KEKB加速器によって生み出される膨大な数の電子・陽電子の衝突過程を Belle 測定器が観測し、その分析結果が小林・益川理論を支持することが確かめられました*

発表した理論を直接的に支持する実験結果が得られ、両博士は 2008 年にノーベル物理学賞を授賞しました



ノーベル物理学賞メダル（レプリカ）



* 太平洋の向こう側、アメリカの研究所でも同じ実験が行われていました。両者は同時に小林・益川理論が正しいことを証明したことになります