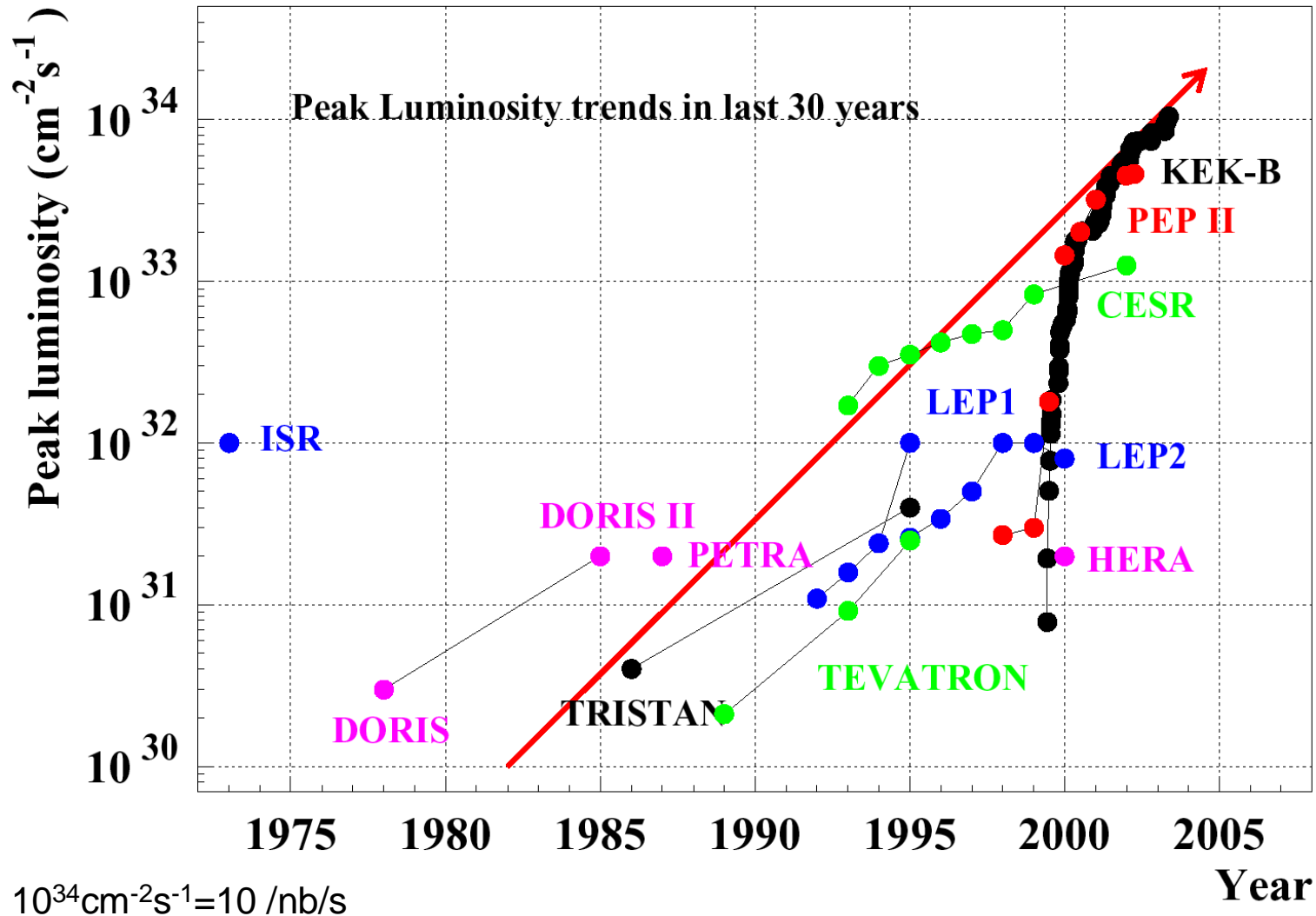
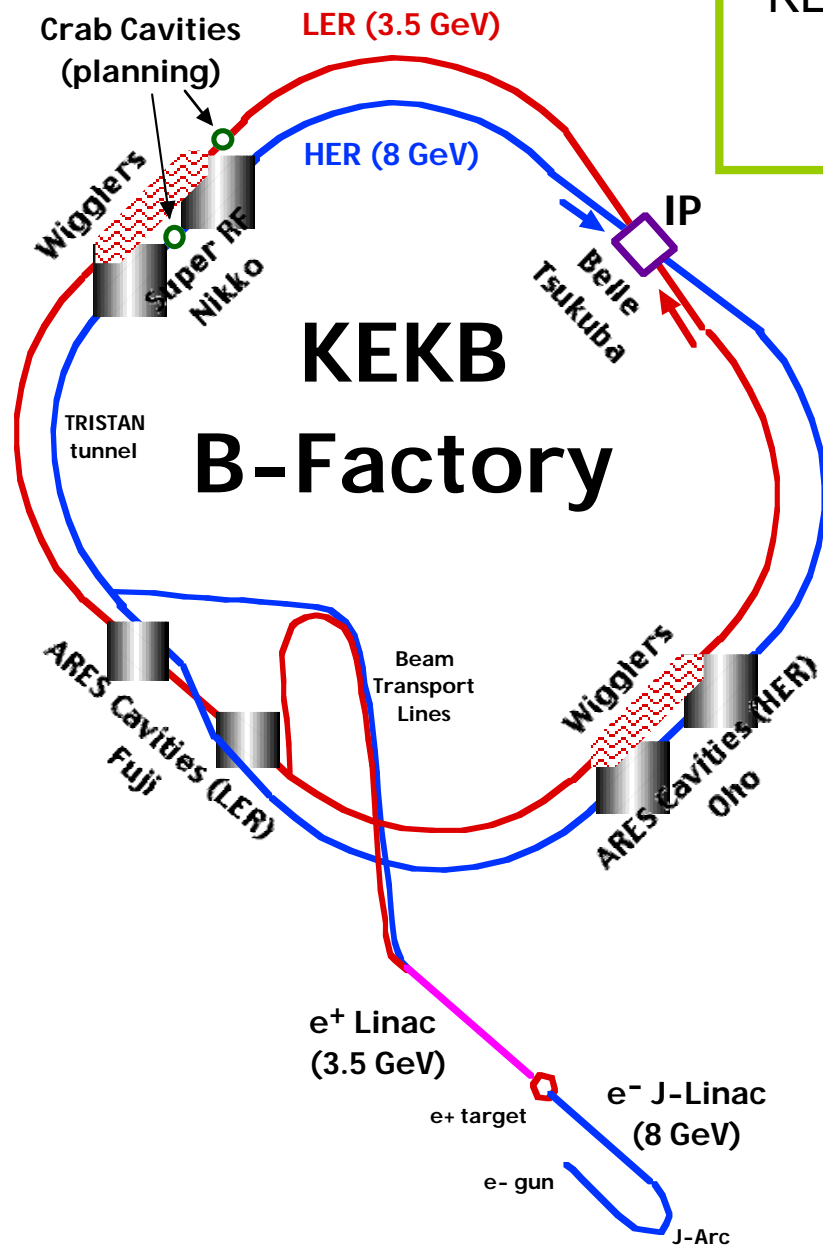


# $10^{34}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ のルミノシティは世界の加速器研究者と高エネルギー物理学者の夢だった

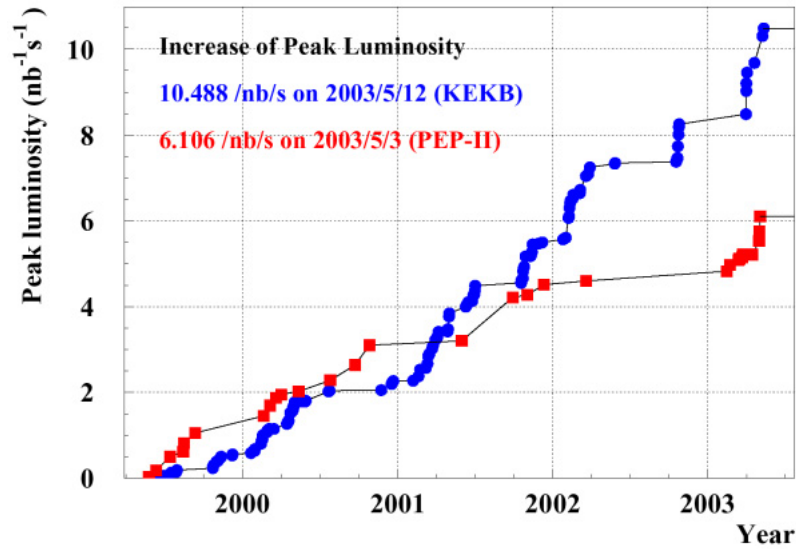




KEKB = Asymmetric Double-Ring Collider for  
B-Physics  
8 GeV Electron + 3.5 GeV Positron

- 1989: デザイン作業に着手。
- 1994: 予算通過、建設開始。
- 1995年6月: KEKB デザインレポート完成。
- 1997年9月: 入射器リニアックKEKB用アップグレード完成、運転開始。
- 1998年12月: HERビーム運転開始。
- 1999年1月: LERビーム運転開始。
- 1999年5月: Belle検出器装着。
- 1999年6月: Belleで最初の素粒子反応観測。
- 2001年4月: 当時の世界最高ルミノシティ (3.4 /nb/s ) に到達。
- 2002年10月: 世界最高積分ルミノシティ、100 /fbに到達。
- 2003年5月9日午前7時26分: デザインルミノシティ  $10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$  を達成。

# 国際対決に勝利!

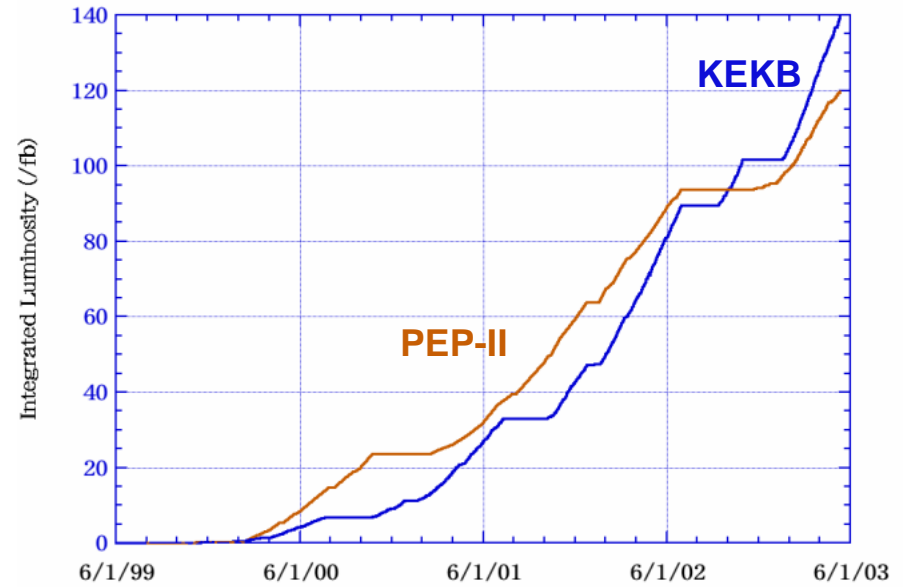


↑  
ピークルミノシティ

全積分ルミノシティ



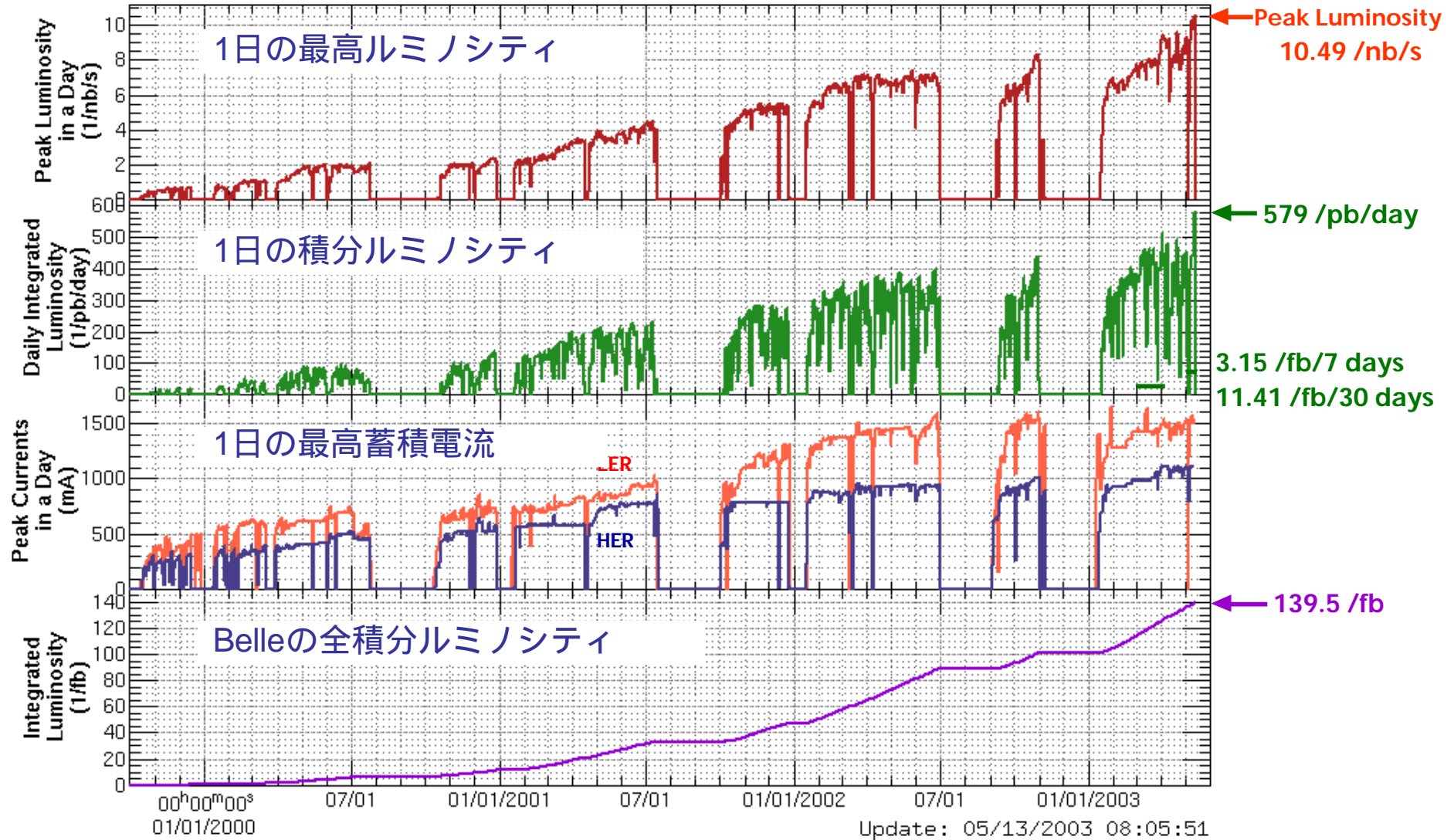
Integrated Luminosity (logged)



(でもまだ競争は続く...)

# 10<sup>34</sup>までの4年間の歩み

Luminosity of KEKB  
Oct. 1999 - May 2003



C-Yoke: (1) 800 m (2) 800 m Solenoid: 800 m 1250 m 1350 m 2150 m 2200 m 2250 m + PM 25 m ソレノイド巻きの進歩

# なぜ世界一になれたか？

## 1. 世界最高の革新的な加速器設計

- 有限交差角に基づく衝突点配置、特殊超伝導・常伝導電磁石
- 最大の柔軟性、最小の非線形性を持つ新型ビーム光学系とそれを可能にした高精度電磁石群
- 大電流を安定に加速するARES空洞
- 世界最高蓄積電流をほこる超伝導空洞
- 大電流に耐える超高真空システムとビームパイプ
- 高精度ビーム診断・安定化装置群
- 世界標準EPICSを世界最大規模で実現した制御系
- 陽電子2バンチ入射をも可能にした強力なJ-Linac入射器とビーム輸送系

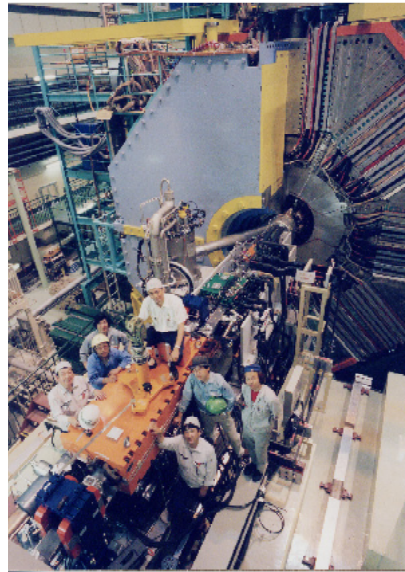
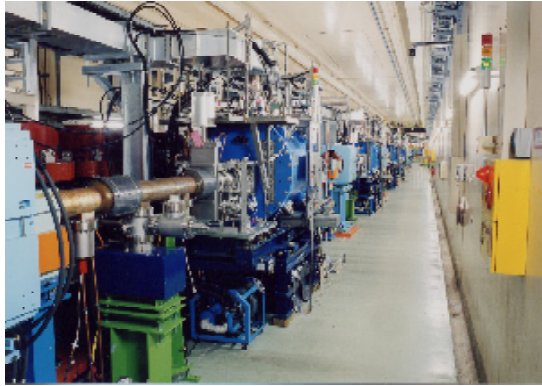
# なぜ世界一になれたか？

## 2. 4年間の不屈の努力

- 予想外の困難=「陽電子リングにおける光電子雲不安定性」の克服
  - ソレノイド磁場の半手巻きによる追加、全長2300m
  - ビームパラメータの変更による対応
- 大電流(LER 1.5 A, HER 1.1 A)の蓄積に伴う発熱・放電・破壊との闘い
  - 真空チャンバーの発熱、溶解(放射光、ビームエネルギー直撃等)
  - 可動コリメーターの破壊(ビームエネルギー直撃、放電、高次モード電磁場等)
  - ベローズ内部の破壊(放射光、放電、高次モード電磁場等)
  - 衝突点ベリリウムチャンバーの破損
  - 初代Belleシリコンヴァーテックス測定器の損傷(放射光)
- 1日24時間週7日日曜も休日もない連続運転、年間数十週間
  - 停止期間は修理と改造で休みなし

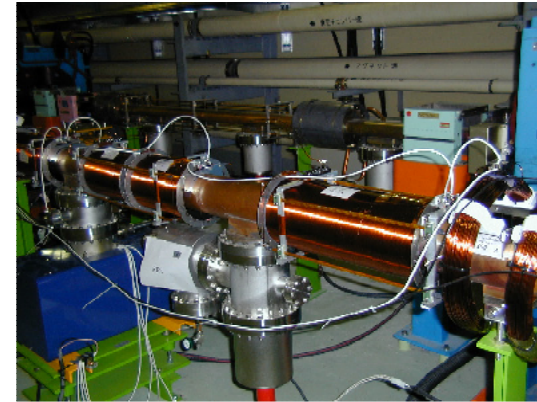
超伝導空洞:  
高加速電圧を効率よく発生

超伝導空洞で世界最高電流 $>1.1$  Aの蓄積



有限交差角: 2ビームを容易に分離  
ユニークな超伝導最終収束磁石、常伝導特種電磁石群

リングコライダーとして世界最小ビームサイズ( $2.3 \mu\text{m} \times 110 \mu\text{m}$ )を達成

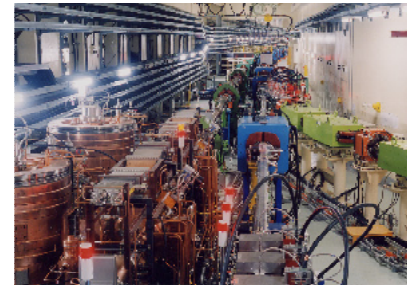


## KEKBの特長

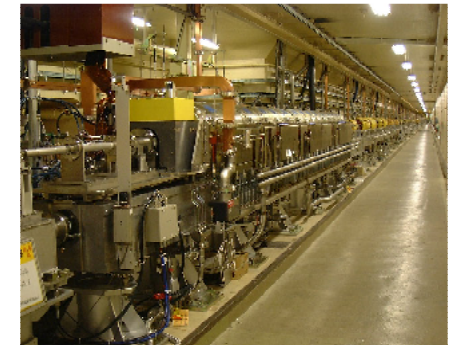
ソレノイド磁場により電子雲の発生を抑制



2.5 $\pi$ セルラティス:  
最小の非線形性と最大の柔軟性  
半整数共鳴線に0.005まで接近



J-LINAC:  
限られたスペースで必要な入射エネルギーを達成  
陽電子2バンチ入射の実現



ARES空洞:  
巨大な蓄積エネルギーで大電流を安定に加速  
バンチ毎フィードバックで他の不安定性も抑制

# 何かの役に立つのか?

- **Bの物理**
  - 小林益川+新しい物理
- **次世代の加速器開発**
  - Super-Bファクトリー( $10^{35}$ - $10^{36}$ )
  - ニュートリノ実験を含むJ-PARC: 加速器設計
  - BEPC(Beijing): 超伝導、加速器設計で協力
  - LHC: 電子雲不安定性
  - ERL(エネルギー回収線形加速器)など次世代放射光加速器
  - リニアコライダー
- **要素技術の波及効果**
  - 超伝導、高電界、超高真空、電源、制御等



# 現・次世代の加速器開発への貢献

加速器計画	KEKBが貢献した事項
PEP-II(SLACのB-ファクトリー)	半整数共鳴への接近によるルミノシティの増大
日本大学・阪大産研・Spring-8リニアック	加速管・ダミーロードなどのリニアック主要部品の開発
放医研、分子研、阪大レーザー研、Spring-8等	KEKB運転経験者の移籍、経験・技術移転
J-PARC(大強度陽子加速器)	ビーム光学系、制御系、安全管理系の設計、電磁石アラインメント、電子雲不安定性の経験
BEPC-II(北京のタウチャームファクトリー)	超伝導空洞、超伝導電磁石、ビーム光学系、制御系の設計開発
LHC(CERNのエネルギーフロンティア)	電子雲不安定性の経験
ERL(エネルギー回収型放射光源)	ビーム光学系の設計
リニアコライダー	ビーム光学系の設計および補正法、電子雲不安定性の経験

# 技術的波及効果の例

技術(順不同)	KEKBからの波及効果
電子ビーム滅菌装置	電子銃、線形加速管の設計
産業利用、医療用電子線照射用加速管、航空機エンジン	ARES空洞の製作で培った接合技術、計測技術、異材接合材の加工
加速器用、半導体装置用高周波窓	リング用クライストロンで開発された同管window技術
超伝導関連製品、宇宙機器、半導体他製造装置、核融合製品	超伝導空洞で開発された極低温技術、高真空技術、マイクロ波技術
半導体製造装置	真空チェンバーの製作における銅製品の表面処理、無酸素銅製品の低歪み溶接、長尺電子ビーム溶接技術
高精度電源	ペルチェ素子による恒温槽の小型化、高安定、高精度抵抗体、ゲインのデジタル補正