

ILCの概要と経緯

森俊則 （東京大学）
高エネルギー物理学研究者会議（JAHEP）
高エネルギー委員会・前委員長

「ILC計画に関する主な課題について」

- JAHEPとKEKで取りまとめ、6月に文科省に提出
- 今回、より簡潔にまとめた資料（スライド）を追加提出
 - 特にこの3年間の進展に焦点を置いて説明

表紙

ILC計画に関する 主な課題について

2021.7.19a

高エネルギー物理学研究者会議、高エネルギー加速器研究機構

このページの課題に対する発表者名

道園 (KEK, IDT WG2)

3. 技術的成立性の明確化

[1] ILC加速器等【有・学】(ア)(イ)(ウ) ※コストに関連することは4. (イ) でまとめて扱う

指摘された技術的成立性について、以下のような大きな進展があった。

世界の状況と課題への取組：

- ILCで使用される超伝導加速技術を用いたEuropean XFEL (ILCの10%規模) がFELユーザー運転を順調に続けている。また、同技術は米国LCLS-IIでも採用され、建設が続いている。**これは同技術の高い信頼性を示している。**
- 国際協力により、ILCに必要なナノビームをATF2で実現し、超伝導空洞の高電界・低損失、材料コスト低減という成果を得た。
- 世界の加速器施設で活躍する研究者で組織された国際推進チームIDT-WG2で、残された一部技術課題の解決にむけた準備研究所における計画を策定した。

準備研究所での取組：

- 策定された計画に基づき研究開発を行い、残された技術課題を解決する。
- 物納貢献における品質管理、整合性の担保は、国際間の取り決めでそのルールを決定する。

準備研究所における課題の例

WP-1：世界で120台の超伝導加速空洞を製造し、高性能空洞の歩留まりを評価・確認。
WP-2：クライオモジュール6台を分担製造し、海上移送の安全性と規格を確認。
WP-15：ナノビームを国際協力で実施しているKEK-ATFで最終収束系の最適化評価。



超伝導加速空洞



クライオモジュール



日本では、空洞評価設備やモジュール評価設備のような基盤設備の整備が別途必要。

各課題項目と発表者

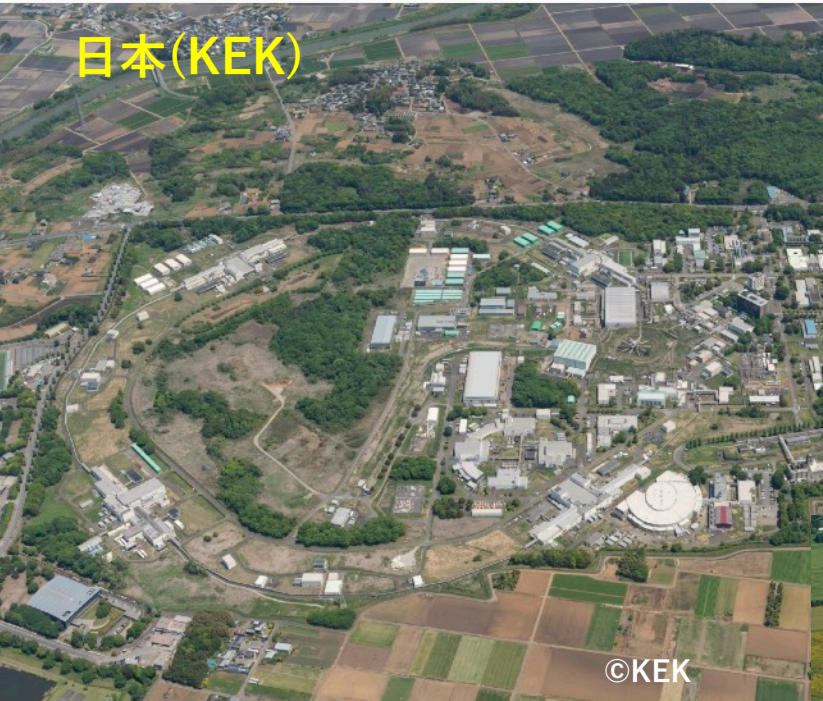
- ILC計画の概要とこれまでの経緯
 - 森（東大、ICFA）、村山（UC Berkeley、IDT WG3）
- 技術的成立性及びコスト見積もりの妥当性（加速器等）
 - 道園（KEK、IDT WG2）
- ILC準備研究所提案書について
 - 中田（EPFL、IDT Chair）
- 技術的成立性及びコスト見積もりの妥当性（土木等）
 - 照沼（KEK）
- 学術的意義や国民及び科学コミュニティの理解
 - 浅井（東大、ILC Japan、JAHEP委員長）
- 国際的な研究協力及び費用分担の見通し
 - 山内（KEK機構長、ICFA）
- 人材の育成・確保の見通し及びその他
 - 岡田（KEK、IDT EB）

国際プロジェクト
としての視点

世界のコライダー

円形トンネル内を加速して正面衝突

日本(KEK)



欧州

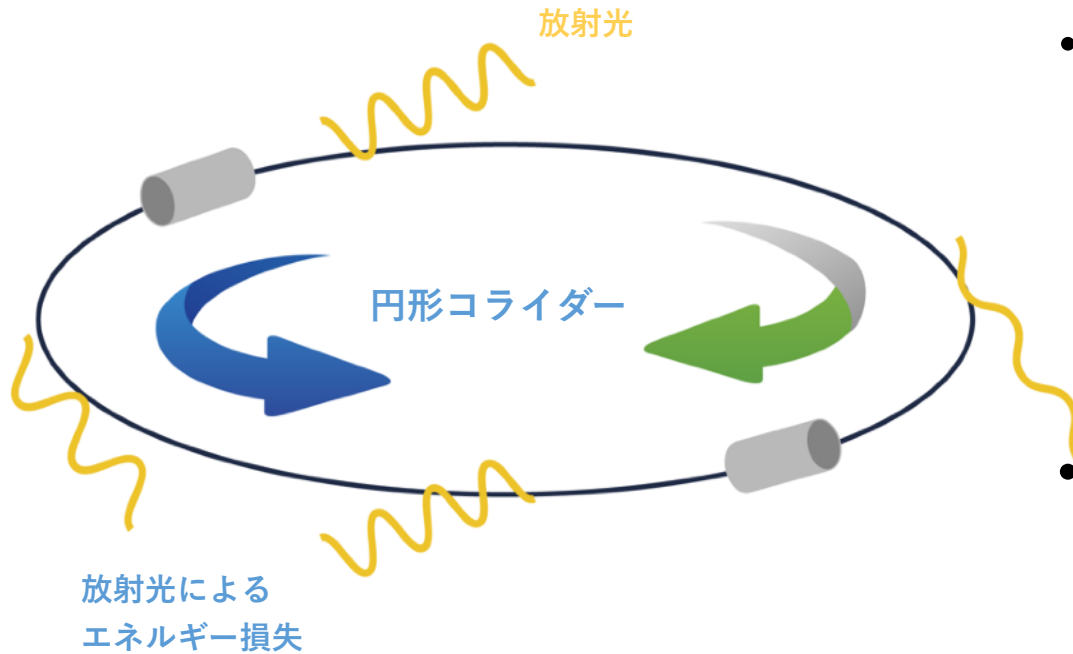


米国



- ハドロン（陽子）コライダー
 - 電子・陽電子コライダー
- 研究において相補的役割を果たす

電子円形コライダーの限界



$$E_{\text{loss}} \propto \frac{E_{\text{beam}}^4}{Rm^4}$$

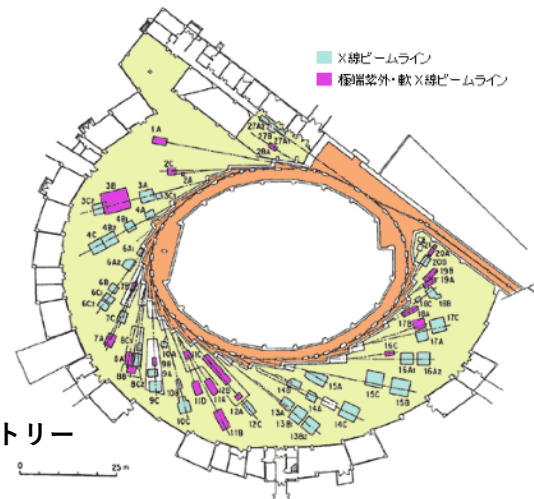
R: コライダーの半径
m: 粒子の質量

- 衝突エネルギーを上げると放射光により大きなエネルギーを失う



- 加速器の半径によって到達できる最高エネルギーに限界

放射光は物質科学・
産業・医療等へ大きく
活用されている



KEKフォトンファクトリー

リニアコライダーの発明

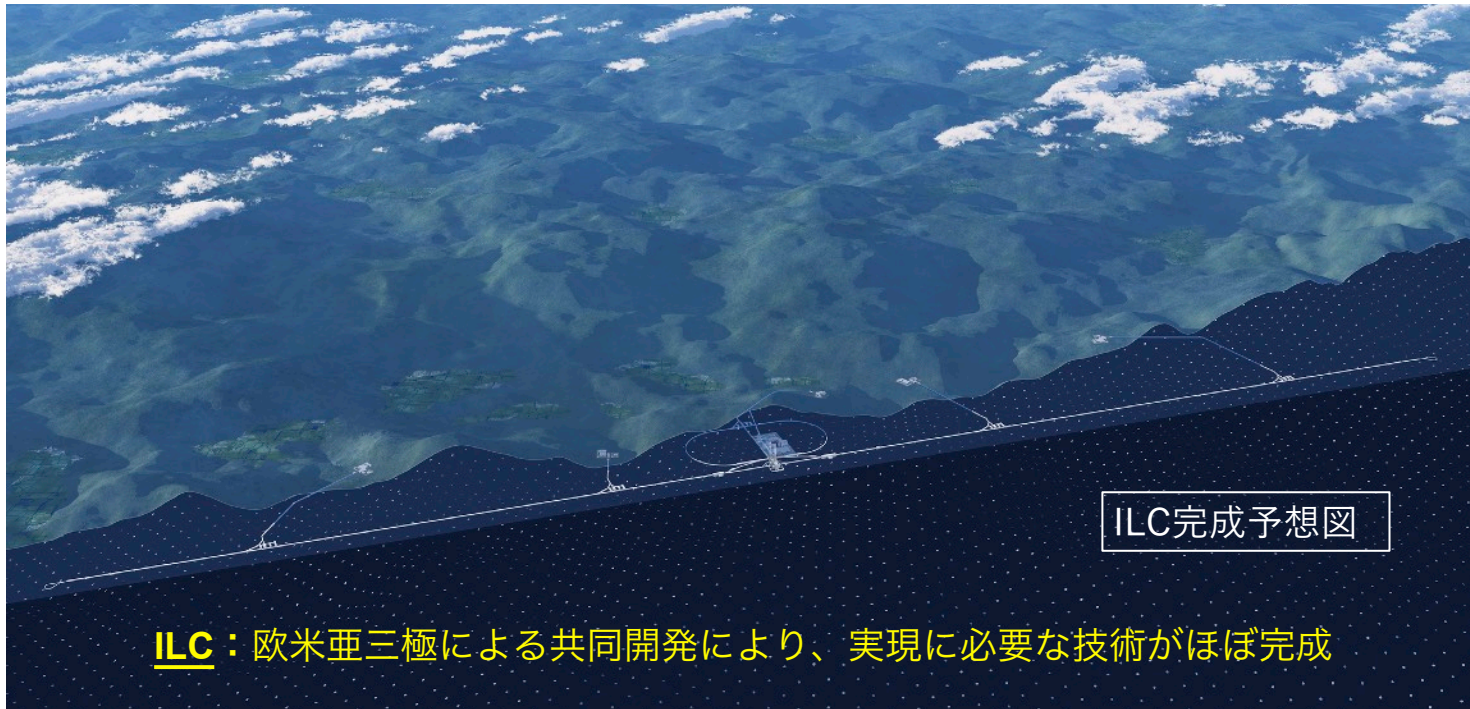
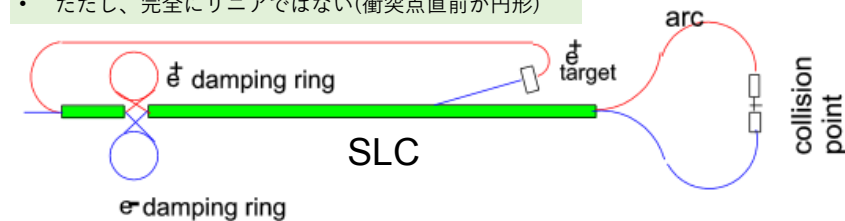
直線で加速して衝突させれば良い

新しいコライダーのパラダイム

- 放射光による衝突エネルギーの限界がない
- 加速技術の進歩・トンネル延伸により、衝突エネルギーのアップグレードが可能
- 一回きりの加速・衝突のため、効率良く素早く加速し、よく揃えてナノスケールまで絞って正確に衝突させる最先端技術が決め手

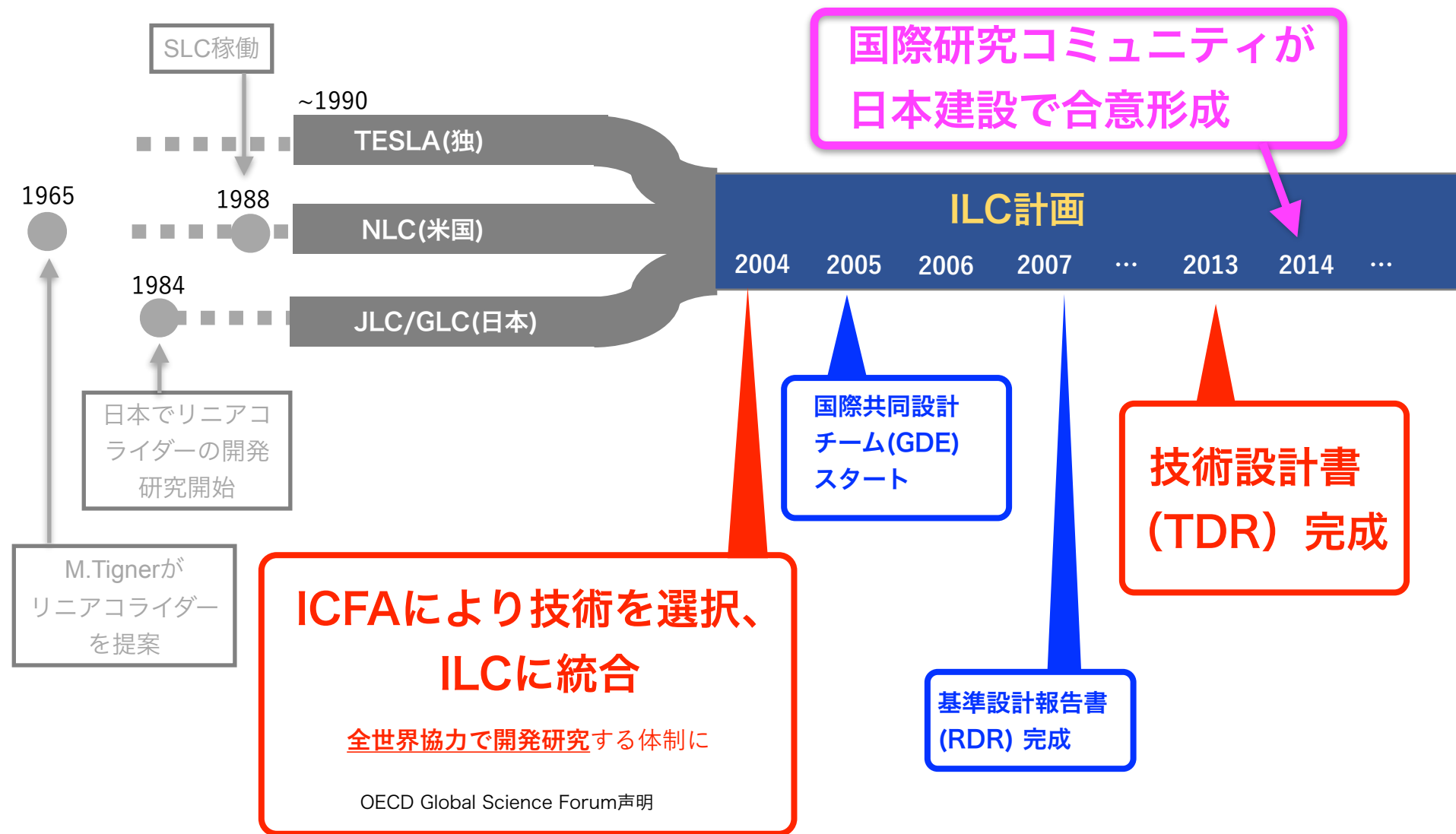
(*) SLC (1987-1998, SLAC)

- 世界初のリニアコライダー (電子エネルギー46GeV)
- ただし、完全にリニアではない(衝突点直前が円形)



ILC : 欧米亜三極による共同開発により、実現に必要な技術がほぼ完成

リニアコライダーの黎明からILCの全世界的推進へ

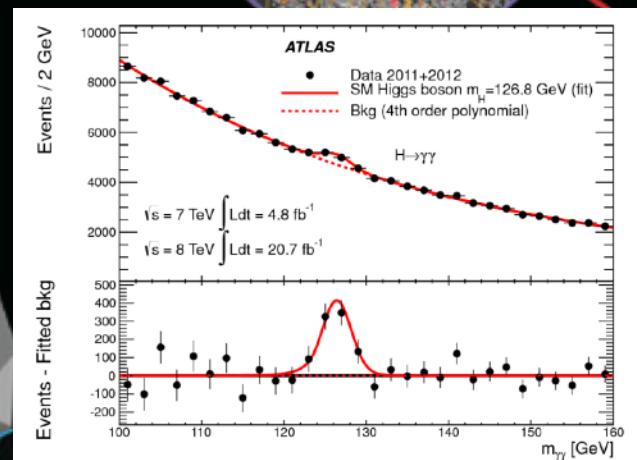
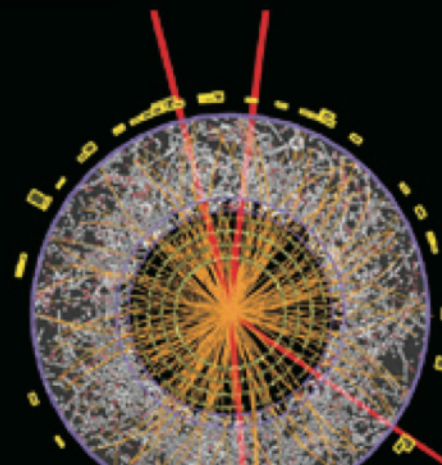


ヒッグス粒子の発見(2012年7月)

宇宙の始まりにヒッグス場が真空に凍りついて
「相転移」を起こした決定的証拠

「素粒子」の研究から「真空」の研究へ

ヒッグス粒子が4つのミュオン粒子に壊れた
と考えられる事象



2013年
ヒッグス博士とアンブレール博士
がノーベル賞受賞

ヒッグス粒子が2つのガンマ線に壊れたと
考えられる事象の分布

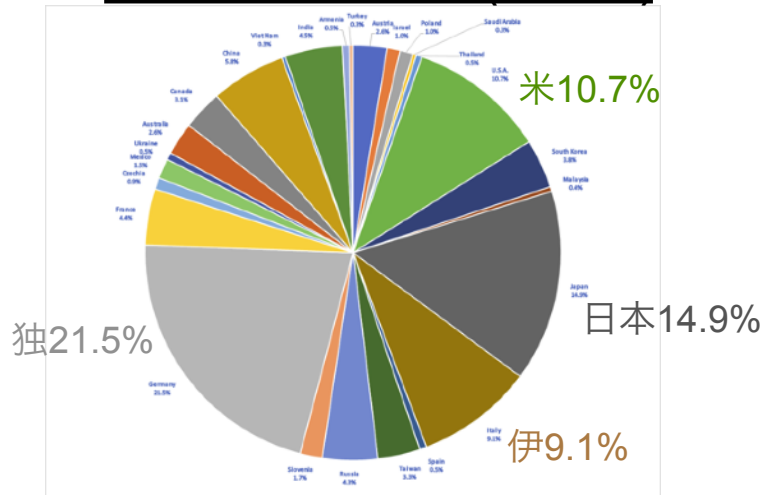
国際研究コミュニティが日本建設で合意形成

- 2012 - 2014年、日・欧・米で素粒子物理学のグローバルな将来戦略が形成
- 2017 - 現在まで、将来戦略を再確認、「ヒッグスファクトリーが最優先」で一致

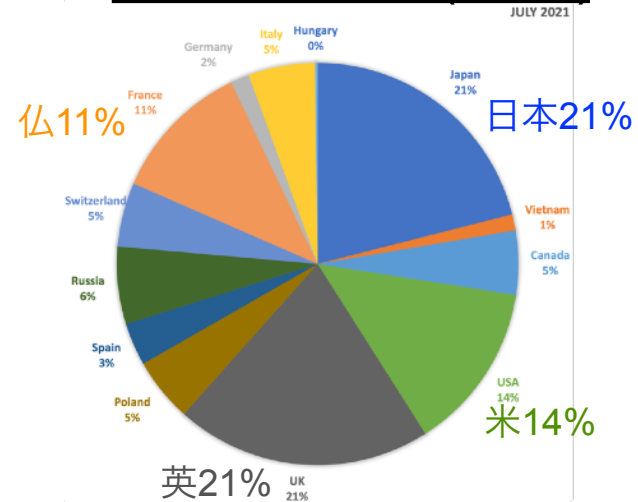
ILC：日本のリーダーシップへの期待が高まっている

- 加速器の実績：KEKB/SuperKEKB、J-PARC
- 国際共同研究の実績：Belle II、T2K、LHC

Belle II Collaboration (~1000人)

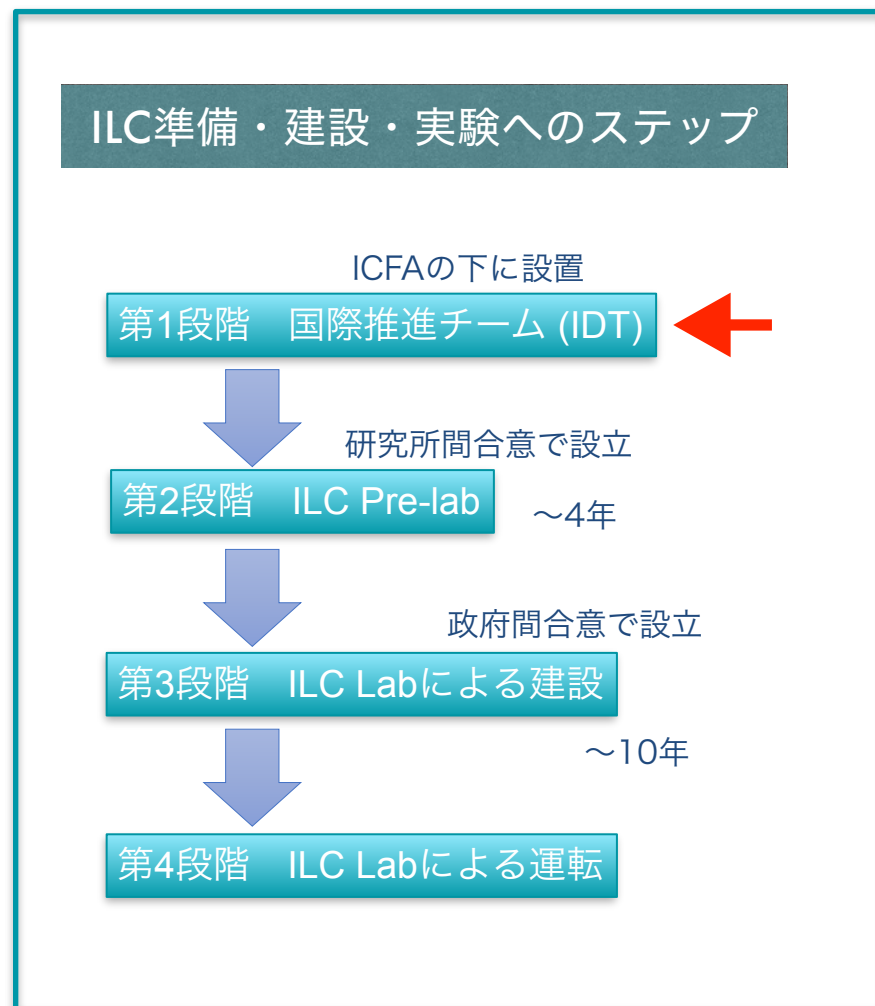


T2K Collaboration (~470人)



ILCの段階的推進

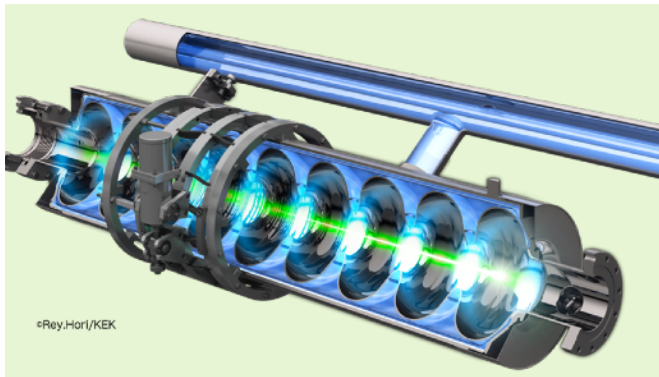
- 2020年2月、米国SLACでのICFA/LCB会議において：
 - 日本政府がILCに関心を持って欧米と協議を進めると表明
 - 米国政府がILCへのサポートを再確認
- 2020年8月、ICFAは段階的推進の第一歩として、Pre-Labの1～1.5年後の開始を目指し、国際推進チーム (IDT) を発足
- 2021年6月、IDTにより「ILC Pre-Lab Proposal」が公表
- 国内コミュニティ推進体制を強化 (ILC-Japan、推進パネル)



ILCの鍵となる先端技術

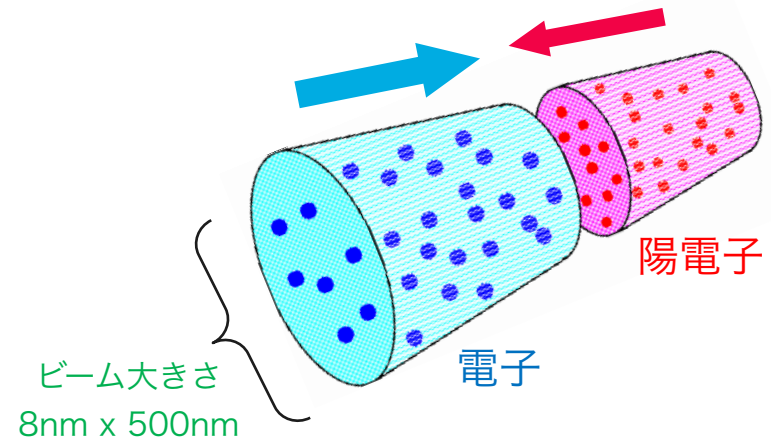
• 効率よく加速する

- 超伝導 RF 技術
- メートル当たり31.5メガボルトで素早く加速
- 大強度ビームでも熱損失なし



• 正確に衝突させる

- ナノビーム技術
- ナノスケールまでビームを絞ってよく揃えてからぶつける



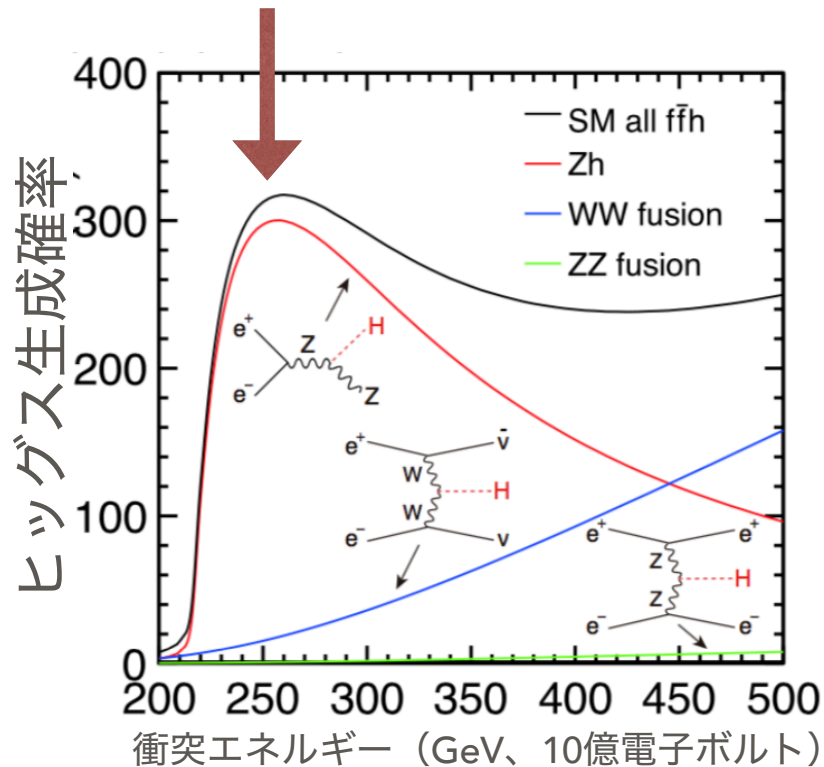
開発研究はこの3年の間にもさらに進展し、最終段階に入った

これら先端技術の応用利用も広がっている：

自由電子レーザー（European XFEL、LCLS-II）、大強度中性子源（SNS、ESS）、さらに医療・工業用加速器へ

参考：ヒッグスファクトリー（工場）

ヒッグスファクトリー



- ヒッグス粒子を徹底的に調べて宇宙の真空を解明することが素粒子物理の最重要・緊急課題となった

大量にヒッグス粒子を生成して
詳細研究できる加速器
「ヒッグスファクトリー」