

平成22年2月9日
学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会
説明資料

大型ヘリカル装置(LHD)による 核融合科学の推進

大学共同利用機関法人
自然科学研究機構 核融合科学研究所
所長 小森彰夫



大型ヘリカル装置(LHD)計画の目的

核融合科学研究所

平成元年5月に核融合プラズマの学理とその応用の研究の推進のため、全国の大学の共同利用機関として設置(昭和55年11月学術審議会「大学等における核融合研究の長期的推進方策について」建議等)

この目的達成のため、我が国独自のアイデアに基づく螺旋型(ヘリカル)磁場方式(ヘリオトロン方式)による世界最大の超伝導大型ヘリカル装置(LHD)を中核として、核融合・プラズマ物理学に関する実験研究および理論シミュレーション研究等を推進

大型ヘリカル装置計画の目的

核融合炉で必要なプラズマを見通せる1億度近傍の高温プラズマを実現し、世界の核融合研究に貢献する

ヘリカル方式プラズマの学理を十分体系的に理解することによって精度の高い科学的予言力を持つ物理モデルを確立する

核融合炉実現に必要な物理的、工学的課題を解明する 等



第4の物質状態プラズマの例

LHDは超高温度のプラズマを作り、その性質を調べる学術研究を行っています

身の回りのプラズマも核融合プラズマも同じプラズマです



プラズマテレビはプラズマで光っています



電子レンジで点けた蛍光灯



蛍光灯もプラズマが点いて光っています



核融合反応を地上で実現するには 磁場によるプラズマの閉じ込めを利用する

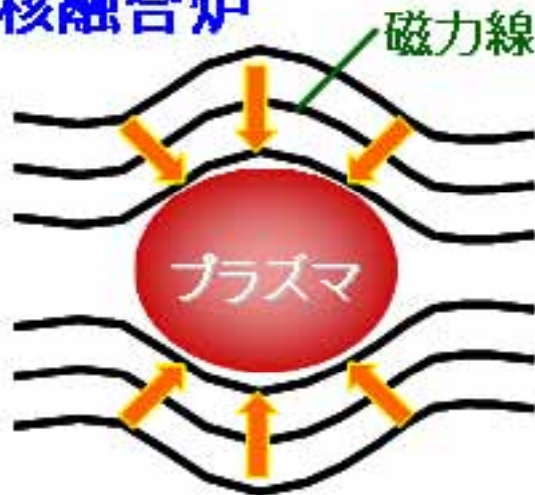
太陽



重力による閉じ込め

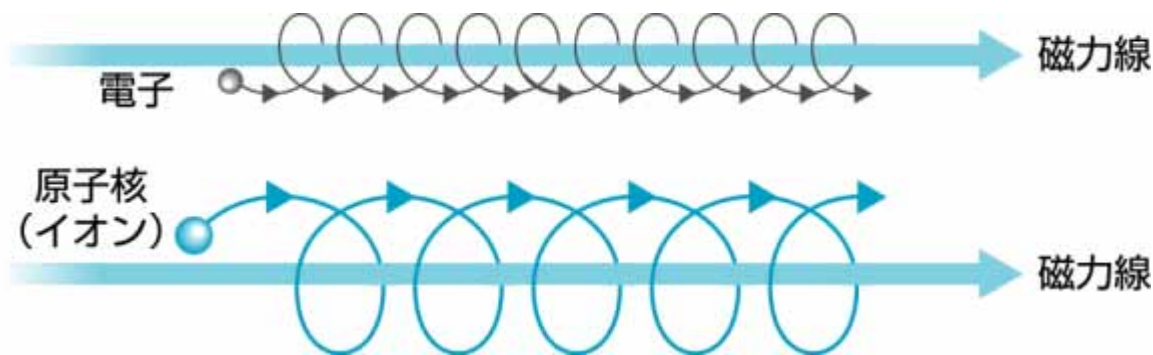
中心密度: 160g/cm^3
中心温度: 1500万度
表面温度: 6000
水素の核融合反応
40億年も燃え続ける

核融合炉



磁場による閉じ込め

1億度
重水素とトリチウム
の核融合反応



荷電粒子のラーマー運動

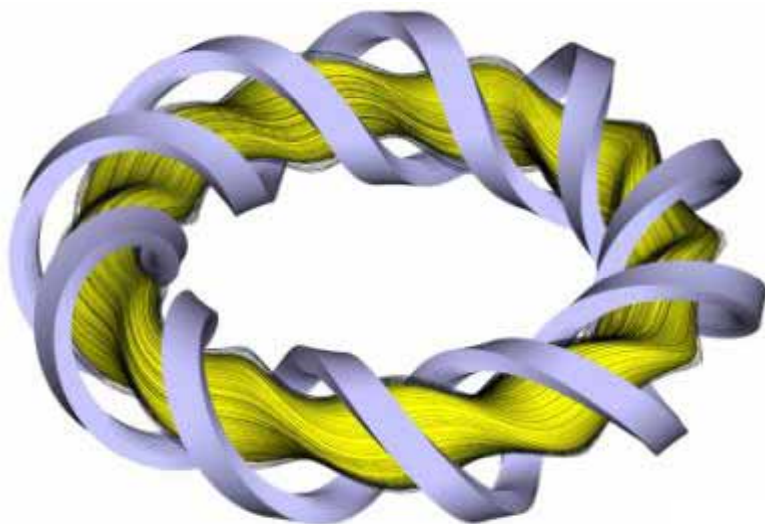


環状磁場閉じ込め方式

環状(ドーナツ型)の磁力線によって閉曲面を作り、プラズマを閉じ込める

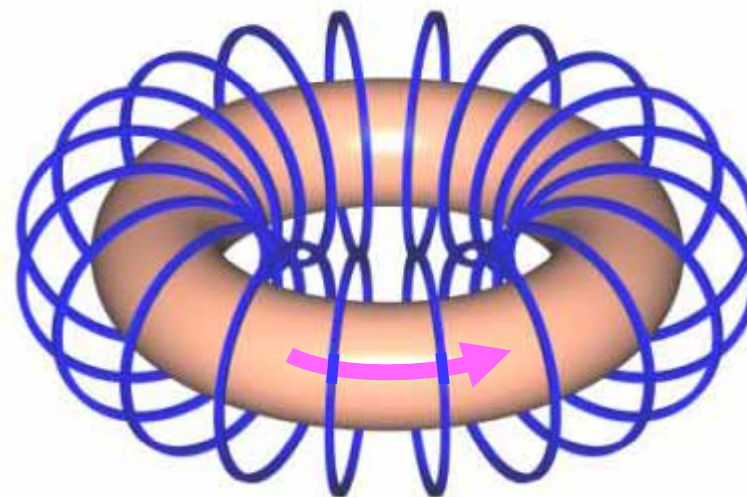
磁力線を環状に回し、かつ捩じる → 磁場を作る方法に2通り

電磁石をねじる:ヘリカル方式



プラズマ電流 ゼロ

プラズマ中の大電流:トカマク方式



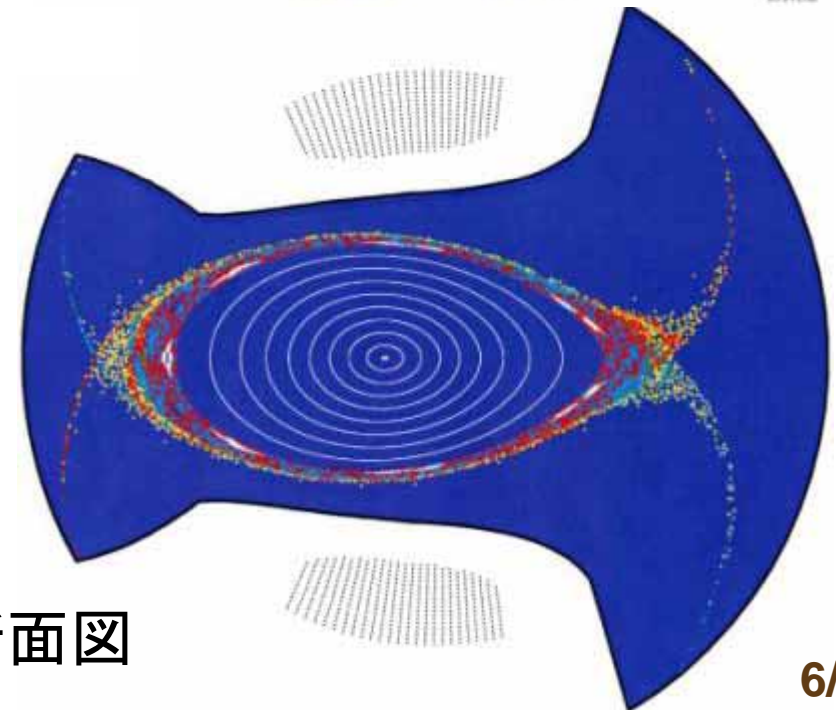
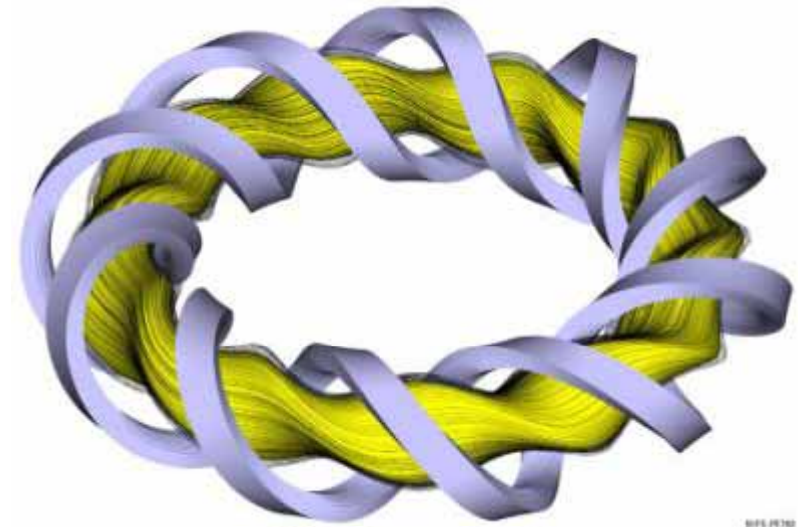
プラズマ電流 > 1,000万アンペア

- ・ 環状プラズマとしての共通点
- ・ プラズマ中の大電流の有無による差異

- ⇔ 互恵的
- ⇔ 対照的



入れ子状の磁場構造 → 磁気面



高温プラズマ磁場閉じ込めの独自のアイデア ヘリオトロン 日本で創案、原理検証

ヘリオトロン概念
原著論文は1958年に発表

ヘリオトロンの原理
無プラズマ電流
定常

- ・ 螺旋型(ヘリカル)コイルを用いて閉じ込め磁場を外から作る
⇔ 高温プラズマ自身に巨大な電流を流す必要がない
- ・ 核融合炉に不可欠な長時間の連続運転(定常運転)が可能
- ・ 理論、実験、装置製作技術等、全て高度な科学・技術のインテグレーションが必要

→ LHD

JOURNAL OF THE PHYSICAL SOCIETY OF JAPAN, Vol. 16, No. 7, JULY, 1961

The Confinement of Plasma by the Heliotron Magnetic Field

By Kōji Uo

*Electrical Engineering Institute, Faculty of Engineering,
Kyōto University, Kyōto*

(Received February 1, 1961)

A magnetic field named the Heliotron field is produced by the electric current in a series of pair coils wound around the discharge tube with regular intervals. The electric current in each coil of the pair differs both in intensity and direction. The lines of force in this field undulate near the tube axis without cutting the wall, while these near the tube wall cross the wall. Thus the high temperature plasma can be produced by ohmic heating in the central region of this field being prevented from touching the wall. This field is found to satisfy the necessary condition for the equilibrium. The interchange instability of the plasma confined in this field is discussed. A general expression is given for the magnetic field, and it is shown that the Heliotron B magnetic field, the cylindrical cusp field, the helical winding field of the Stellarator and the Picket-Fence field are derived as special cases of this general formula.

§ 1. Introduction

There are two different types in the confinement of plasma by a magnetic field. One is the toroidal type and the other is the helical type. The toroidal type was first proposed by O. W. Cherenkov at the International Conference of Japan (May 5, 1958), and was published in *Kakuyūgō Kenkyū*, **1**, (1958) 20.

field uses series of pair coils which are wound around the discharge tube of toroidal shape with regular intervals. In general, the electric current in each coil of a pair is different in both intensity and direction. The magnetic field produced by these currents is composed of two different regions. One is the region near the tube axis where the lines of force undulate along the axis without cutting the wall, whereas those near the tube wall cross the boundary making spirals inside the wall. Therefore, the high temperature plasma can be produced by ohmic heating only in the central region of the magnetic field, since particles near the wall cannot be accelerated sufficiently by the applied axial electric field.

Thus it may be said that the heliotron

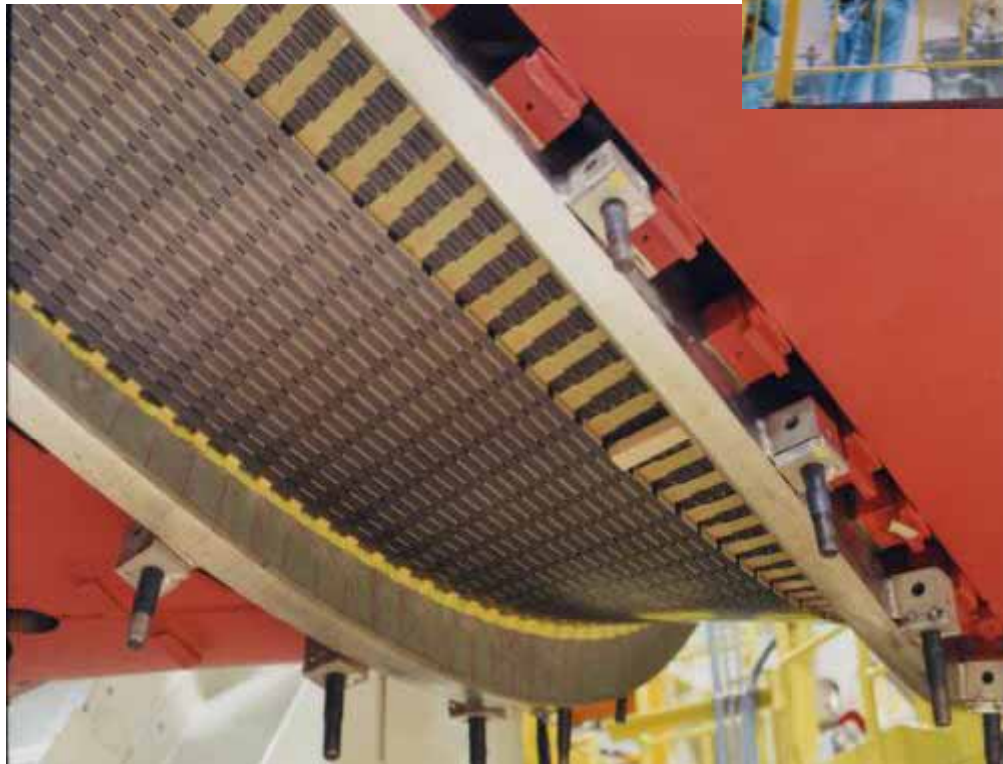


大きくかつ精緻なLHD

装置建設の高い工学基盤を実証



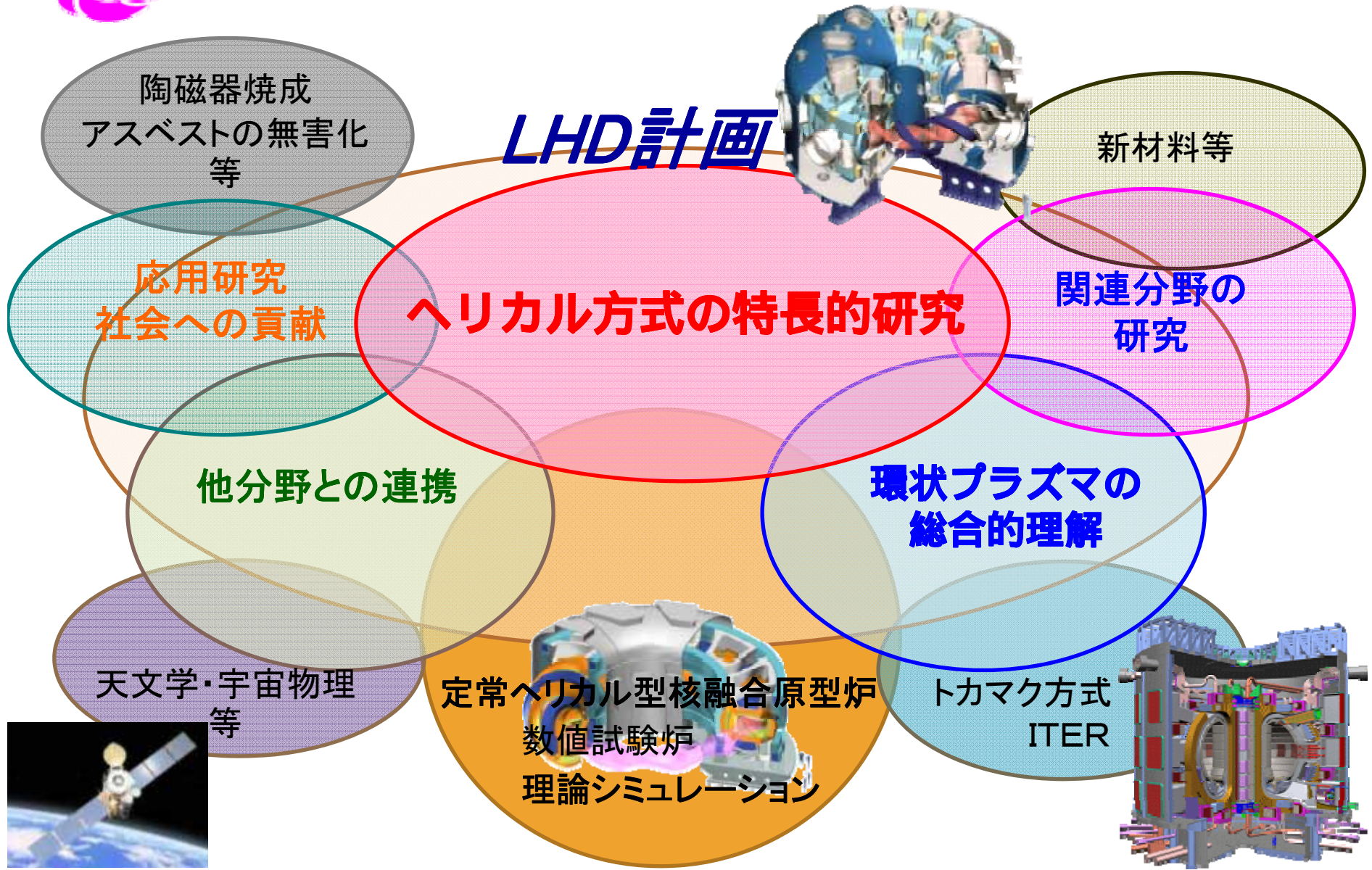
超伝導ヘリカルコイル
直径約11m ⇔ 精度 2mm



450回超伝導線を巻いたコイル



LHD計画の目的と学術的意義





共同利用・共同研究の推進 核融合科学研究の中核機関

我が国の大学における核融合科学研究の中核機関として、全国規模の共同研究によって発展・強化を図る(コミュニティの支持)

核融合科学研究所 (NIFS)

LHD計画共同研究(31件)

大学等で育まれている研究・技術をLHD実験に適用・集約するため、大学等で先ず研究・開発

共同研究契約を結んで大学等で実施

双方向型共同研究(74件)
研究、人材育成

一般共同研究(357件)

NIFSの設備を使って実施

総合研究大学院大学(20名)

学术交流による大学院連携(14名)
特別共同利用研究員(21名)

大学院教育等により、将来リーダーシップがとれる人材の育成に貢献

※()内の数字は平成21年度の件数・人数



国際的COEとしての国際共同研究・連携事業の推進

国を代表しての協定締結

6つの2国間協定（米、中、韓、露、豪、EU）

3つの多国間協定（国際エネルギー機関実施協定）

- 国際連携事業：
 - ・日米科学技術協力
 - ・日中科学技術協力(JSPS)
 - ・日韓技術協力
 - ・テキサトル計画協力
 - ・国際共同研究拠点ネットワークの形成(NINS)
- の5事業については所外委員が半数からなる委員会によって事業を運営
 → 核融合研をハブとしてコミュニティから多数の研究者が参画、国際的流動性高める

事業による
人事交流実績
(平成20年度)

	日米		日中		日韓		テキサトル		国際拠点	
	人	日	人	日	人	日	人	日	人	日
日本へ招聘	82	370	75	884	10	51	2	26	69	825
日本から派遣	102	1,124	68	416	83	368	13	131	61	596

● マックスプランク研究所(独)

● エネルギー環境科学技術研究所(スペイン)

● カールスルーエ研究所(独)

● プロヴァンス大学(仏)

● 国立科学センター(仏)

● 一般物理研究所(露)

● ハルコフ研究所(ウクライナ)

● 等離子物理研究所(中)

● 国立核融合センター(韓)

● カリフォルニア大学(米)

● フリンストン大学(米)

● オークリッジ国立研究所(米)

● テキサス大学(米)

● オーストラリア国立大学(豪)

15機関との学術交流協定

- 共同研究、共同事業の推進
- データ、材料の交換
- 人材育成

データベースの世界標準化を主導

- 原子・分子データセンター
- 閉じ込め物理データベース

自然科学研究機構核融合科学
分野間連携共同研究の促進

天文学 物質科学 ナノサイエンス

NINS