研究論文

1025. 即発中性子寿命の新しい解釈

林 正 俊*

(1994年 8月 8日 受理), (1995年 3月 20日 再受理)

New Interpretation of Prompt Neutron Lifetime

By Masatoshi HAYASHI

The mean length to production of a neutron is shown to be not equal to the reciprocal macroscopic neutron production cross section. It is proved that the conventional prompt neutron lifetime is physically equal to the mean time from birth of a neutron to neutron production for an infinite model. The interpretation makes clear the confusion on the time parameters of reactor kinetics.

KEYWORDS : *prompt neutron lifetime, mean generation time, multiplication factor, mean free path, perturbation theory, Monte Carlo Method, reactor kinetics*

I. 緒 言

原子炉の動特性方程式は、摂動論を使って導かれる^{(1)~(3)}。この動特性方程式に表れる時間パラメータが、即発中性子寿命(prompt neutron lifetime)、平均世代時間(mean generation time)である。これらは、次のように理解されている^{(4)~(7)}。「即発中性子寿命」は、核分裂で生まれた中性子が消滅するまでの平均時間である。吸収された中性子の一部は核分裂を起こし、新しい世代の中性子を生成する。この引き続く中性子の生成が連鎖反応になる。連鎖反応における引き続く中性子の世代の間の平均時間が「平均世代時間」である。この引き続く世代の中性子の生成数の比が原子炉の増倍係数⁽⁸⁾である。

Nelson⁽⁹⁾は有限体系の場合を考察して、「摂動論で与えられる即発中性子寿命が、中性子の引き続く生成の平均時間によく似ているが、一致はしない」ことを明らかにした。本報は無限大体系の場合に、「摂動論の与える即発中性子寿命が、中性子の引き続く生成の平均時間に完全に一致する」ことを示す。1群モデルで解析的に、多群モデル

では数値計算を使って明らかにする。このことから、巨視的断面積の逆数を形式的に平均反応距離と見なして名付けられた従来の定義名「即発中性子寿命」、「平均核分裂時間」および「平均世代時間」が、その物理的理解と異なることがわかる。

その結果、従来の「即発中性子寿命」を「平均世代時間」と言い換えることで矛盾のない一貫した説明のできることが明らかになった。

II. 摂動論による従来の定義

摂動論から導かれる原子炉動特性の時間パラメータは、単純な平均量ではなく、随伴中性子束を重みにした平均量である。無限大体系の即発中性子寿命は、随伴中性子束を重みにした中性子消滅率の逆数で

$$l = \int \frac{\phi^*(E)\phi(E)}{v(E)} dE / \left[\int \phi^*(E) \cdot \left[\Sigma_a(E)\phi(E) + \Sigma_s(E)\phi(E) - \int \Sigma_s(E' \rightarrow E)\phi(E') dE' \right] dE \right] \quad (1)$$

* 京都大学原子炉実験所 (Res. Reactor Inst., Kyoto Univ.)

ここで、 l : 即発中性子寿命
 ϕ : 中性子束
 ϕ^* : 随伴中性子束
 E : 中性子のエネルギー
 v : 中性子の速度
 Σ_a : 巨視的吸収断面積
 Σ_s : 巨視的全散乱断面積
 $\Sigma_s(E' \rightarrow E)$: エネルギーが E' から E へ
 変化する巨視的散乱断面積

と定義されている。

また、平均世代時間は、随伴中性子束を重みにした中性子生成率の逆数で

$$\Lambda = \frac{\int \frac{\phi^*(E)\phi(E)}{v(E)} dE}{\int \phi^*(E)\chi(E) \left[\int v\Sigma_f(E')\phi(E')dE' \right] dE} \quad (2)$$

ここで、 Λ : 平均世代時間
 χ : 核分裂中性子スペクトル
 Σ_f : 巨視的核分裂面積
 $v\Sigma_f$: 巨視的中性子生成断面積

である。

摂動論はまた、随伴中性子束を重みにした消滅率と生成率の比が増倍係数

$$k_\infty = \frac{\int \phi^*(E)\chi(E) \cdot \left[\int v\Sigma_f(E')\phi(E')dE' \right] dE}{\left[\int \phi^*(E) \left[\Sigma_a(E)\phi(E) + \Sigma_s(E)\phi(E) - \int \Sigma_s(E' \rightarrow E)\phi(E')dE' \right] dE \right]} \quad (3)$$

ここで、 k_∞ : 無限増倍係数
 であることを与える。これは、(1), (2)式を使うと、

$$k_\infty = l/\Lambda \quad (4)$$

と表せる。 $k_\infty=1$ の臨界原子炉では $l=\Lambda$ である。このことから、臨界の原子炉では「即発中性子寿命」 l が「平均世代時間」 Λ に等しいといわれる。従来の解釈を使うと、「臨界原子炉では、消滅するまでの平均時間が中性子を生成するまでの平均時間に等しい」ということになる。原子炉物理の教科書に当たり前のこととして書かれている⁽⁵⁾。

ここで、エネルギーが1群のモデルを考える。(1), (2)式は、

$$l = 1/v\Sigma_a \quad (5)$$

$$\Lambda = 1/vv\Sigma_f \quad (6)$$

となる。これらは、巨視的断面積の逆数 $1/\Sigma_a$, $1/v\Sigma_f$ を中性子の速度で割った形になっている。平均自由行程の概念を形式的に適用すると、巨視的反応断面積の逆数は平均反応距離だと見なすことができる。 $1/\Sigma_a$ が吸収されるまでの平均距離であり、 $1/v\Sigma_f$ が中性子を生成するまでの平均距離であると考えるのである。速度が v の中性子が、これらの平均距離を移動する時間が、上記 l , Λ である。このことから、「即発中性子寿命」および「平均世代時間」の定義名が与えられた。同じ理由で $1/\Sigma_f$ が核分裂を起こすまでの平均距離で、 $1/v\Sigma_f$ に「平均核分裂時間」という名前が与えられている。

第Ⅲ章で、特定の反応の巨視的断面積の逆数をその反応の平均反応距離と考えることが誤りであることを明らかにする。

Ⅲ. 1群モデルの平均反応時間

最も簡単な原子炉モデルを考える。遅発中性子を見捨てた1群均質無限大体系モデルである。特定の反応が起こるまでの平均反応時間は、速度 v の中性子とその反応の平均距離を移動する時間である。平均反応距離を求めてみる。

平均反応距離は、中性子が源から動いた距離 x の場所で起こる反応割合を重みにした移動距離の平均である。このモデルでは、吸収がただ一つの中性子消滅反応であるから、よく知られているように移動距離 x を生き残る中性子は $e^{-\Sigma_a x}$ となる。その近傍 dx で反応を起こす割合は、吸収、核分裂および中性子生成に対して、それぞれ $\Sigma_a e^{-\Sigma_a x} dx$, $\Sigma_f e^{-\Sigma_a x} dx$, $v\Sigma_f e^{-\Sigma_a x} dx$ である。

したがって、吸収の平均距離 $\overline{l}_{abs}$, 核分裂の平均距離 $\overline{l}_{fiss}$ および中性子生成の平均距離 $\overline{l}_{gen}$ は、

$$\begin{aligned} \overline{l}_{abs} &= \frac{\int_0^\infty x \Sigma_a e^{-\Sigma_a x} dx}{\int_0^\infty \Sigma_a e^{-\Sigma_a x} dx} = \frac{\int_0^\infty x e^{-\Sigma_a x} dx}{\int_0^\infty e^{-\Sigma_a x} dx} \\ &= \frac{1}{\Sigma_a} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned}\overline{l_{fiss}} &= \frac{\int_0^\infty x \Sigma_f e^{-\Sigma_a x} dx}{\int_0^\infty \Sigma_f e^{-\Sigma_a x} dx} = \frac{\int_0^\infty x e^{-\Sigma_a x} dx}{\int_0^\infty e^{-\Sigma_a x} dx} \\ &= \frac{1}{\Sigma_a}\end{aligned}\quad (8)$$

$$\begin{aligned}\overline{l_{gen}} &= \frac{\int_0^\infty x \nu \Sigma_f e^{-\Sigma_a x} dx}{\int_0^\infty \nu \Sigma_f e^{-\Sigma_a x} dx} = \frac{\int_0^\infty x e^{-\Sigma_a x} dx}{\int_0^\infty e^{-\Sigma_a x} dx} \\ &= \frac{1}{\Sigma_a}\end{aligned}\quad (9)$$

である。これらの平均距離は、すべて等しく $1/\Sigma_a$ である⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。これは、巨視的断面積の逆数を形式的に平均反応距離であると考え⁽⁶⁾⁽¹²⁾ ことが間違いであったことを示している。

これらの平均距離がすべて等しくなるのは、核分裂が吸収反応の一部であることから説明できる。均質体系モデルでは、核分裂反応の割合 Σ_f/Σ_a および中性子生成反応の割合 $\nu\Sigma_f/\Sigma_a$ は、吸収の生じた場所がどこであっても同じである。これは、これらの反応の反応率が $1/e$ になる距離である減衰距離がすべて等しいことを意味する。減衰距離は平均反応距離に等しいからである。

第Ⅱ章に表れる従来の平均反応距離の理解では、吸収の平均距離が $1/\Sigma_a$ で、核分裂の平均距離が $1/\Sigma_f$ で、中性子生成の平均距離が $1/\nu\Sigma_f$ であった。これを減衰距離の観点から見ると、吸収、核分裂および中性子生成反応の減衰距離が違っていることになる。吸収に対する核分裂反応の割合および吸収に対する中性子生成反応の割合が、中性子が源から離れるに従って変わることになる。これは、明らかに間違っている。

以上、1群均質無限大体系のモデルでは、吸収の平均距離、核分裂の平均距離および中性子生成の平均距離がすべて等しくなることが証明された。平均反応距離を中性子の速度で割った量が平均反応時間であるから、物理的に正しい平均反応時間は、「吸収の平均距離を速度で割った平均時間」も「核分裂の平均距離を速度で割った平均時間」も「中性子生成の平均距離を速度で割った平均時間」もすべて同じ値 $1/\nu\Sigma_a$ である。

すなわち、このモデルでは、摂動論の与える即

発中性子寿命((5)式)は中性子生成の平均時間(中性子の引き続く生成の平均時間) $1/\nu\Sigma_a$ に等しくなる。

IV. 多群無限大モデルの数値計算例

エネルギーが多群の場合を数値計算で考える。この場合も、均質無限大体系である。拡散計算が近似を含まない厳密な結果を与えるからである。摂動論に基づく従来の「即発中性子寿命」を拡散計算の結果を使って計算する。引き続く中性子の生成すなわち中性子の世代交代の平均時間である平均世代時間を、モンテカルロ法で計算する。

使用した拡散計算コードは、摂動計算のできる SRAC⁽¹³⁾コードシステムの中の CITATION⁽¹⁴⁾で断面積ライブラリーは SRAC の 107 群ライブラリーである。この摂動論の「即発中性子寿命」の計算式は(1)式である。

一方、モンテカルロのコードは KENO-IV⁽¹⁵⁾を用い、CITATION で使ったものと同じ断面積ライブラリーを使う。KENO-IV は、核分裂で生まれた中性子が次の世代の中性子を核分裂で生成するまでに必要な平均時間を計算する。これが平均世代時間である。一般に核分裂で複数の中性子 ν 個が放出される。この複数の中性子は同時に生成するので、これら ν 個の中性子が生成するまでにかかった時間はすべて同じである。その核分裂が起こるまでにかかった時間である。一般に核分裂を起こした中性子のエネルギーによって、放出される中性子の数は異なる。したがって、モンテカルロ法の平均世代時間 $\overline{t_{gen}}$ は、核分裂当たりに放出される中性子数を重みにした平均

$$\overline{t_{gen}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_f} \nu_i t_{f,i}}{\sum_{i=1}^{N_f} \nu_i} \quad (10)$$

ここで、 N_f : 核分裂数

ν_i : 核分裂で放出される中性子数

$t_{f,i}$: 核分裂を起こすまでにかかった時間

で与えられる。

1群モデルでは、放出中性子数 ν が定数になるので平均世代時間は「核分裂を起こす平均時間」に等しくなった。核分裂で生まれる中性子が1個のときも同じである。

これらの計算結果⁽¹⁶⁾を第1表に示す。無限増

第 1 表 拡散計算コード CITATION とモンテカルロコード KENO-IV の結果

炉心組成 (10^{24} atom/cc)		無限増倍係数		即発中性子寿命 (s)	平均世代時間 (s)
	^{10}B 濃度	CITATION	KENO-IV*	CITATION	KENO-IV*
	0.0	1.736946	1.73707 ± 0.00161	3.5336×10^{-5}	$(3.5342 \pm 0.0082) \times 10^{-5}$
	5.0×10^{-6}	1.511373	1.51216 ± 0.00126	3.0735×10^{-5}	$(3.0841 \pm 0.0063) \times 10^{-5}$
H	4.4611×10^{-2}	1.337741	1.33788 ± 0.00143	2.7181×10^{-5}	$(2.7207 \pm 0.0070) \times 10^{-5}$
O	2.2305×10^{-2}	1.000633	1.00154 ± 0.00098	2.0236×10^{-5}	$(2.0295 \pm 0.0045) \times 10^{-5}$
Al	1.3224×10^{-2}	0.699924	0.69947 ± 0.00066	1.3948×10^{-5}	$(1.3890 \pm 0.0037) \times 10^{-5}$
^{235}U	1.6667×10^{-4}	0.443845	0.44330 ± 0.00041	8.4598×10^{-6}	$(8.4135 \pm 0.0208) \times 10^{-6}$
^{238}U	1.2218×10^{-5}	0.135992	0.13596 ± 0.00012	1.5975×10^{-6}	$(1.5882 \pm 0.0042) \times 10^{-6}$
^{10}B	1.0×10^{-3}	0.088531	0.08855 ± 0.00008	6.7648×10^{-7}	$(6.7721 \pm 0.0158) \times 10^{-7}$
	5.0×10^{-3}	0.036384	0.03634 ± 0.00002	1.4298×10^{-7}	$(1.4339 \pm 0.0022) \times 10^{-7}$
	1.0×10^{-2}	0.023734	0.02372 ± 0.00002	7.5704×10^{-8}	$(7.5694 \pm 0.0127) \times 10^{-8}$

*KENO-IV calculated 10^6 neutron histories.

倍係数が一致している。これが両計算の妥当性を示す。摂動論が与える従来の「即発中性子寿命」が、増倍係数の値に関係なく、モンテカルロ法の与える平均世代時間に等しくなっている。全く違った計算手法の結果が一致する。これは、従来の「即発中性子寿命」が「中性子を生成するまでの平均時間」を意味するものであることを示している。

Nelson は有限体系の場合、「摂動論の即発中性子寿命は中性子を生成するまでの平均時間に似ているが、一致はしない」ことを示した。しかし、無限体系の場合、従来の「即発中性子寿命」が「中性子を生成するまでの平均時間」に一致することが明らかになった。

V. 考 察

原子炉で使われる動特性パラメータとして「即発中性子寿命」、「平均核分裂時間」および「平均世代時間」などの平均反応時間がある。平均反応時間は、反応の起こる平均距離(平均反応距離)を中性子が動くのにかかる時間である。特定の反応の平均距離と中性子の移動速度がわかれば、その平均反応時間を知ることができる。摂動論に基づく従来の、これらの定義名が、平均自由行程を形式的に使って、巨視的反応断面積の逆数を平均反応距離と考えることで与えられたことを第Ⅱ節の1群モデルで示した。

しかし第Ⅲ章で、1群モデルの核分裂と中性子

生成の平均距離は、どちらも吸収の平均距離とおなじ $1/\Sigma_a$ であることを明らかにした。従来の平均反応距離の理解が、間違っていたことが証明された。すなわち、従来の「即発中性子寿命」、「平均核分裂時間」および「平均世代時間」という量が、その物理的意味を失ってしまった。名前と内容が一致しないことになった。

中性子が特定の反応を起こすまでの時間は、その反応を起こした中性子のエネルギーに依存する。一般に、消滅する中性子のエネルギー分布は、中性子を生成する中性子のエネルギー分布と異なっている。反応を起こす中性子のエネルギー分布が違えば、それらの反応を起こすまでにかかる時間も違う。その具体的な例が、漏れの多い小さな熱中性子炉体系である。この系の中性子は吸収と漏れで消滅する。エネルギーの高い中性子が漏れやすいので、消滅中性子の平均エネルギーは熱中性子のエネルギーよりも高くなる。

一方、核分裂を起こす中性子はほとんど熱中性子である。明らかに、中性子が消滅するまでの平均時間は中性子を生成するまでにかかる平均時間よりも短くなる。体系が臨界であることは無関係である。無限大体系の熱中性子炉でも、共鳴吸収物質を含んだ系で同じことがいえる^{(17)~(20)}。逆に中性子が消滅する反応と中性子を生成する反応のエネルギー依存性が同じ場合は、これらの反応が起こるまでにかかる平均時間は、体系の増倍係数に関係なく等しくなる。第Ⅲ章で示した1群モ

デルがこれに当たる。1群モデルの例が示すように、同じエネルギー依存性を示す反応の平均反応時間は、反応断面積の絶対値の違いには関係ないのである。

以上のことから、「臨界の原子炉では、中性子が消滅するまでの平均時間が中性子を生成するまでにかかる平均時間と等しくなる」という命題の正しくないことが明らかである。これは、「中性子の消滅率と生成率の比は増倍係数を与えるが、消滅の平均時間と生成の平均時間の比は増倍係数を与えない」と言い換えることができる。これは、反応率の逆数を、形式的にその反応の平均時間と考える⁽¹⁾ことが間違いであることを明らかにした第三章の結果と一致する。

中性子の連鎖反応系である原子炉は、引き続き中性子が生成する中性子の世代交代によって成り立っている。その主要な時間単位は、中性子の世代交代の平均時間である。原子炉の動特性に、消滅時間と関わりのない遅発中性子の遅れて出る時間が本質的な役割を果たすのはこのためである。摂動論は、(1)式で与えられる時間パラメータを用いて原子炉の動特性方程式を表す。これは、(1)式で与えられる量が「世代交代の平均時間」という物理的意味を持っていることを推測させるものである。

Nelson⁽⁹⁾も有限体系の場合に、本報で摂動論で与えられる「即発中性子寿命」がモンテカルロ法で得られる引き続き世代の中性子の世代交代の平均時間と一致はしないがよく似ている。すなわち、従来の「即発中性子寿命」が物理的に世代交代の平均時間に近いことを示した。本報は、無限大体系の場合にこの両者が完全に一致することを明らかにした。すなわち、第三章の議論で、(1)式から得られる $1/\nu\Sigma_a$ が「世代交代の平均時間」の意味を含んでいること。さらに第四章で、(1)式で与えられる量が、モンテカルロ法で得られる「世代交代の平均時間」と一致することを明らかにした。

以上のことから、従来の「即発中性子寿命」の物理的な意味が「世代交代の平均時間」とであると理解することのできるようになった。すなわち、従来の「即発中性子寿命」は「平均世代時間」と呼ぶの

が適当であり、これによって、名実ともに一貫した物理量となる。

この言い換えに伴って、(4)式の関係が成り立つ従来の「平均世代時間」((2)式)に対して、その物理的解釈とそれにふさわしい名前が必要になる。ここで、(2)式で与えられる量に対して、現世代の中性子数を再生するのに必要な時間という意味の「中性子再生時間」(neutron reproduction time)⁽²⁰⁾を提案する。臨界の原子炉では、世代交代でちょうど同じ数の中性子が再生されるので、「中性子再生時間」は、新しい「平均世代時間」に等しくなる。超過臨界の原子炉では、世代交代で現世代の中性子数よりも多数の中性子が生成される。したがって、同じ数の中性子を再生するのに必要な時間である「中性子再生時間」は、新しい「平均世代時間」よりも短くなければならない。逆に、未臨界の原子炉では、世代交代で現世代の中性子よりも少ない数の中性子しか生成されないのので、「中性子再生時間」は、新しい「平均世代時間」よりも長くなる。

これまで「平均核分裂時間」と考えられていた $1/\nu\Sigma_f$ という量には、適当な物理的意味を与えることはできない。

表式中に中性子生成項を含まない(1)式が、中性子生成の関わる「平均世代時間」となることは、重みに使われている随伴中性子束が中性子生成確率に比例する量であるという物理的意味を含んでいることを考えさせるものである^{(20)~(22)}。

VI. 結 論

本報の結論は、次の6つである。

- (1) 1群無限大体系のモデルでは、吸収、核分裂および中性子生成の平均距離がすべて等しくなるので、これらを中性子の速度で割った平均反応時間もすべて等しい。
- (2) 核分裂や中性子生成反応の巨視的断面積の逆数を、これらの反応の平均反応距離と考えることはできない。
- (3) 平均反応率の逆数を平均反応時間と考える従来の理解は間違いである。
- (4) 摂動論が与える従来の「即発中性子寿命」の物理的意味は、核分裂で生まれた中性子が引

き続く世代の中性子を生成するまでの平均時間である。したがって、従来の「即発中性子寿命」には「平均世代時間」という名前を与えるのが適当である。

- (5) 摂動論が与える従来の「平均世代時間」には、同じ数の中性子を再生するのに必要な時間という意味の「中性子再生時間」を提案する。
- (6) 随伴中性子束は、中性子生成確率という物理的意味を持つと考えることができる。この結果、従来の定義に存在した矛盾が解消して、一貫性のある理解ができるようになる。

— 参 考 文 献 —

- (1) HENRY, A. F. : *Nucl. Sci. Eng.*, **3**, 52 (1958).
- (2) LEWINS, J. : *ibid.*, **7**, 122 (1960).
- (3) KEEPIN, C. R. : *"Physics of Nuclear Kinetics"*, Sec. 6-1 (1965), Addison-Wesley Publ.
- (4) HETRICK, D. L. : *"Dynamics of Nuclear Reactors"*, Sec. 1-2 (1971), Univ. of Chicago Press.
- (5) DUDERSTADT, J. J., HAMILTON, L. J. : *"Nuclear Reactor Analysis"*, Sec. 6-1 (1975), John Wiley & Sons, (成田正邦, 藤田文行訳: "原子炉の理論と解析", 現代工学社).
- (6) LEWINS, J. D. : *Nucl. Sci. Eng.*, **78**, 105 (1981).
- (7) HETRICK, D. L. : *"Dynamics of Nuclear Reactors"*, Sec. 1-1 (1993), Am. Nucl. Soc.
- (8) WEINBERG, A. M., WIGNER, E. P. : *"The Physical Theory of Neutron Chain Reactors"*, Chpt. 7 (1958), Univ. of Chicago, Chicago.
- (9) NELSON, P. : *Nucl. Sci. Eng.*, **43**, 154 (1971).
- (10) 林 正俊 : 原子力学会「1994春の年会」要旨集, G25.
- (11) 林 正俊 : 同「1994秋の大会」予稿集, G72.
- (12) ZWEIFEL, P. F. : *"Reactor Physics"*, Ch. 2-1, (1973), McGraw-Hill Book.
- (13) TSUCHIHASHI, K., ISHIGURO, Y., KANEKO, K., IDO, M. : Revised SRAC code system, *JAERI-1302*, (1986).
- (14) FOWLER, T. B., VONDY, D. R., CUNNINGHAM, G. W. : Nuclear reactor core analysis code : CITATION, *ORNL-TM-2496*, (1969).
- (15) PETRIE, L. M., CROSS, N. F. : KENO IV, An improved Monte Carlo criticality program, *ORNL-4938*, (1975).
- (16) 林 正俊 : 原子力学会「1992秋の大会」予稿集, B29.
- (17) 林 正俊 : 同「1991春の年会」要旨集, A27.
- (18) 林 正俊 : 同「1990秋の大会」予稿集, D31.
- (19) HAYASHI, M. : *Annu. Rep. Res. Reactor Inst. Kyoto Univ.*, **24**, 62 (1991).
- (20) 林 正俊 : 原子力学会「1991秋の大会」予稿集, A67.
- (21) 林 正俊 : 同「1993春の年会」要旨集, A14.
- (22) 林 正俊 : 同「1993秋の大会」予稿集, E27.

入門 自由電子レーザ

④

「自由電子レーザ」研究専門委員会成果報告書

1995年8月末発行(限定出版) 好評発売中

A4判オフセット印刷, 300頁, 会員 3,500円(定価 4,500円), 〒450円
 ◎ご希望の方は学会事務局へ。(TEL 03-3508-1261; FAX 03-3581-6128)

「自由電子レーザ」研究専門委員会の4年間の調査研究の成果が、わが国を代表する自由電子レーザやレーザ応用の専門家の協力を得て、「入門 自由電子レーザ」としてまとめられた。

本入門書は、無線電信機の発明から高輝度光技術の芽生えを説き起こし、自由電子レーザの原理、装置や応用の現状と展望を、国内外の研究機関での取り組み方も含めてわかりやすくまとめられている。自由電子レーザの入門書として自由電子レーザやレーザ応用の関係者ばかりでなく、広く原子力に携わる方々や学生諸君にも役立つ入門書となることを期待している。