

「ベクトル材料科学」特集にあたって

Vector Materials Science

山下 仁大
Kunihiro YAMASHITA

東京医科歯科大学生体材料工学研究所*

中平 敦
Atsuchi NAKAHIRA

大阪府立大学大学院工学研究科 マテリアル工学専攻 †

多くの材料は素子として使用環境におかれると外部からの刺激に対してのみ応答する、いわば静的機械である。これに鑑み、外部の刺激に対して非線形的応答をする材料を特にインテリジェント材料として準動的機械への転進が図られた。筆者らはさらに材料自身が周辺環境に働きかけ、時間的にも空間的にも動的である、いわば“生きている”材料の開発を目指してきた。後述のように新たに開発されるものもあるが、従前から知られている溶解する材料、発熱体、常に周辺に力を及ぼしている磁性体や放射性材料、あるいは残光を発生するガラスなどもこれに該当する。これらの総称としてベクトル材料 (vector materials (ceramics))¹⁾を用いる。また、ベクトル材料のプロセッシングやベクトル効果 (vector effects)¹⁾、あるいは現象を扱う学術体系をベクトル材料科学 (Vector Materials (Ceramics) Science)¹⁾と定義する。制御の機構 (開発中も含む) に基づきベクトルセラミックスを表 1 に大別している。世界に先駆け本特集において、日本の有志によるベクトルセラミックスおよびベクトル科学の最先端を紹介する。

ベクトル材料開発の発端となった医用ベクトルセラミックス^{2),3)}を取り上げる。材料が生体内に埋入されると、直後から表面や近傍において、無機イオンやタンパク質、多糖類などの体液成分の吸着が始まる。その後吸着物の介在により未分化細胞が接近し、材料表面の改質や細胞の接着、増殖、石灰化が順次進行し材料と生体の同化が起こると考えられる。生体内のような“疑似の閉じた系”において局所の制御は外部からの操作が容易ではない (図 1)。

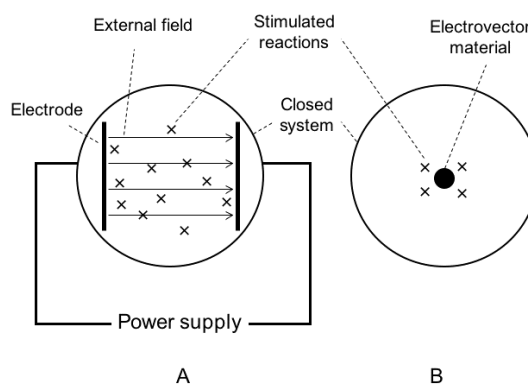


図 1 Vector Materials の概念図

このような系内で、初期反応からその後の一連の生体側の作用を制御する材料がベクトルマテリアルである。生物学では vector をベクターと表記する。ベクトルと記すと数学的な量と方向性を有する力の表記となる。“電波によって物体を誘導する”という語源に基づき、筆者らは“材料によって周辺にある生物、無生物、無機物あるいは有機物を、いい結果をもたらすように操る (マニピュレート) すること、と解釈を加えた。材料の生体親和性は組成、表面粗さ、表面エネルギー、材料表面の不均質さや複雑さを表現したトポグラフィーの 4 つの因子に依存すると考えられている。これらは原料の合成から加工仕上げに至る作製プロセスの条件によって決定される。ベクトルセラミックスはこれら以外の第 5 の因子ともいべき性質を具備している必要がある。ベクトルセラミックスの最もよく知られているものは溶解性を利用したバイオガラスや、体液からの骨類似アパタイト結晶の析出を制御したバイオミメティックマ

* 〒 101-0062 千代田区神田駿河台 2-3-10

tel & Fax 03-5280-8016

† 〒 599-8531 堺市学園町 1-1

tel 072-254-9315 fax 072-254-9912(学科事務室)

E-mail/nakahira@mtr.osakafu-u.ac.jp

表1 ベクトルマテリアルの分類

ベクトルマテリアル	駆動力
Electro-vector materials	Electrostatic force
Chemico-vector materials	Chemical properties
Magneto-vector materials	Magnetic force
Radioactive-vector materials	Radioactive properties
Bio-vector materials	Biological properties
Opto-vector materials	Optical properties
Mechano-vector materials	Mechanical properties
Chemico-Electro vector materials	Chemical/electrostatic force

テリアル，添加した亜鉛の溶出を伴うリン酸カルシウムバイオセラミックスなどが挙げられる．筆者らはヒドロキシアパタイトの電子物性を制御して表面電荷を誘起し，これの活性化を可能にした^{2),3)}．

上述のようにベクトル材料開発の発端となったのは医用ベクトルセラミックスであったが，その後，ベクトル材料は，生体材料はもちろん種々の多様な機能性材料に広がりつつある⁴⁾．本特集においてベクトルセラミックスおよびベクトル材料科学の最先端の最近の成果を10月号および11月号にわけて紹介する．10月号では，機能性材料を中心に組み入れ，高速コーティングにおけるレーザーベクトル効果，ポーリングによる無機ガラスへの新機能付与，熱ベクトルによるマイクロ波活性セラミックス，泳動電着によるリチウムイオン二次電池用電極の高機能化，電気泳動堆積による微細構造制御，骨伝導選択的に作用するエレクトロベクトルセラミックス，磁場利用による骨再生用コラーゲン配向，環境バイオ応用の層状化合物の最新の結果が紹介される．

また，11月号では，高次構造制御と医用材料を中心に特集が組み入れ，化学ベクトル法を用いたプロトン伝導性リン酸塩ガラスハイドロゲル，骨修復用ガラス材料の化学ベクトル設計，生体活性有機無機ハイブリッドの化学ベクトル法を用いた設計，医用ベクトルセラミック微小球，さらに電場と強磁場の重畳作用によるセラミックスの高次構造デザイン，ベクトルプロセスによる機能性チタニアナノコーティングの低温合成などの最新結果が示されている．

この両号で研究対象とする材料からも明らかのように，現在，多くの機能性材料において，マイクロカ

らナノメートルレベルで，形状や組織の微構造を高次にしかも精緻に制御可能な成形・合成プロセスの確立が望まれている．その解決策として様々なアイデアの基に世界中で研究が模索されているが，そのなかでも特集した「ベクトル材料科学」の研究開発は，最も注目されているコンセプトのひとつである．

本特集号では実に多様なベクトル効果が詳細に紹介されているが，ベクトル効果を使ったベクトル材料科学のコンセプトは，Yamashita¹⁾らの発表後，急速に進展し，表1に示されるような多様な材料に広まりつつある．このような日本発の新しい設計指針である「ベクトル材料科学」は，21世紀を担うユニークな材料科学として今後ますます発展していくと期待される．

[参考文献]

- 1) K. Yamashita, and S. Nakamura, *J. Ceram. Soc. Jpn.*, **113**, 1-9 (2005).
- 2) K. Yamashita, N. Oikawa, and T. Umegaki, *Chem. Mater.*, **8**, 2697-2700(1996).
- 3) T. Kobayashi, S. Nakamura, and K. Yamashita, *J. Biomed. Mater. Res.*, **57**, 477-484(2001).
- 4) A. Nakahira, M. Iwasaka, and H. Yasuda, *Phosphorus Research Bulletin*, **17**, 45-50(2004).