

用できることから、新しい環境システムとしての期待は大きい。応用の幅は広く、多種多様な分野において活用が可能である。現状において、熱音響技術が実用化されている大きな分野は探索調査の段階である。しかし、そのポテンシャルは高く、他の技術では追従できない長所を多く持っており、新エネルギーの時代を支える技術となると信じている。今後は太陽熱エネルギーなどの自然エネルギーを入力エネルギーとしたシステム、超小型のシステムや発電応用システムなどについての研究開発にシフトすると考えている。

今後は、分野にとらわれず多くの機関と連携し、実用化に向けた研究を進めていくことが理想と考えている。本解説が熱音響利用技術理解の一助になれば幸いである。

#### 文 献

- [1] 富永 昭, 熱音響工学の基礎 (内田老鶴圃, 東京, 1998).
- [2] J.W.S. Rayleigh, *The Theory of Sound* (Dover, New York, 1945).
- [3] G.F. Carrier, "The mechanics of the Rijke tube," *J. Acoust. Soc. Am.*, 7, 383-395 (1955).
- [4] N. Rott, "Damped and thermally driven acoustic oscillations in wide and narrow tubes," *Z. Angew. Math. Phys.*, 20, 230 (1969).
- [5] P.H. Ceperley, "A pistonless Stirling engine — The traveling wave heat engine," *J. Acoust. Soc. Am.*, 66, 1508-1513 (1979).
- [6] G.W. Swift, "Thermoacoustic engines," *J. Acoust. Soc. Am.*, 84, 1145 (1988).
- [7] G.W. Swift, "Thermoacoustic engines and refrigerators," *Phys. Today*, 48, 22-28 (1995).
- [8] T. Yazaki, A. Iwata, T. Maekawa and A. Tominaga, "Traveling wave thermoacoustic engine in a looped tube," *Phys. Rev. Lett.*, 81, 3128-3131 (1998).
- [9] S. Backhaus and G. Swift, "A thermoacoustic stirling heat engine," *Nature*, 399, 335-338 (1999).
- [10] T. Yazaki, T. Biwa and A. Tominaga, "A pistonless stirling cooler," *Appl. Phys. Lett.*, 80, 157-159 (2002).
- [11] Y. Ueda, T. Biwa, U. Mizutani and T. Yazaki, "Acoustic field in a thermoacoustic stirling engine

having a looped tube and resonator," *Appl. Phys. Lett.*, 81, 5252-5254 (2002).

- [12] 琵琶哲志, "熱音響現象を使った新しい音響デバイス," *JSME TED News letter*, No. 41, pp. 2-6 (2003).
- [13] O.G. Symko, E. Abdel-Rahman, Y.S. Kwon, M. Emmi and R. Behunin, "Design and development of high-frequency thermoacoustic engines for thermal management in microelectronics," *Microelectron. J.*, 35, 185-191 (2004).
- [14] S. Backhaus and G.W. Swift, "Traveling-wave thermo acoustic electric generator," *Appl. Phys. Lett.*, 85, 1085-1087 (2004).
- [15] Y. Ueda, "Calculation method for the prediction of the performance of a traveling-wave thermoacoustic cooler," *J. Power Energy Syst.*, 2, 1276-1282 (2008).
- [16] 上田祐樹, "熱音響発電機," 電気学会誌, 128, 812-815 (2008).
- [17] T. Biwa, Y. Tashiro, H. Nomura, Y. Ueda and T. Yazaki, "Acoustic intensity measurement in a narrow duct by a two-sensor method," *Rev. Sci. Instrum.*, 78, 86-110 (2007).
- [18] 坂本眞一, 渡辺好章, "熱音響現象を用いた冷却システムについて—熱音響冷却システム—," 超音波利用技術集成 (エヌ・ティー・エス, 東京, 2005), pp. 193-197.
- [19] S. Sakamoto and Y. Watanabe, "Experimental study on resonance frequency of loop-tube-type thermoacoustic cooling system," *Acoust. Sci. & Tech.*, 27, 361-365 (2006).
- [20] S. Sakamoto, Y. Tsuji, H. Yoshida and Y. Watanabe, "New approach of silencer based on the thermoacoustic effect," *Proc. Inter-Noise 2006*, in06.474, Honolulu, USA (2006).
- [21] 坂本眞一, 渡辺好章, "音と熱のコラボレーション—熱音響冷凍機実現に向けて—," 信学会誌, 90, 993-997 (2007).
- [22] S. Sakamoto, Y. Imamura and Y. Watanabe, "Improvement of cooling effect of loop-tube-type thermoacoustic cooling system applying phase adjuster," *Jpn. J. Appl. Phys.*, 46(7B), 4951-4955 (2007).
- [23] 坂本眞一, 渡辺好章, "音で冷やす, 音で暖める—熱音響技術—," 機械学会誌, 111(1074), 60-63 (2008).
- [24] S. Sakamoto and Y. Watanabe, "Reduction in temperature difference of prime mover stack in loop-tube-type thermoacoustic cooling system by applying phase adjuster," *Jpn. J. Appl. Phys.*, 47, 3776-3780 (2008).
- [25] 坂本眞一, "太陽エネルギーを冷気に," パリティ, 23, 25 (2008).
- [26] 鶴月 洋, 雨月物語解釈 (角川書店, 東京, 1969), pp. 403-410.



#### 人と対話するコンピュータを創っています—音声認識の最前線—

古井貞熙 著

(角川学芸出版, 東京, 2009 年, 238 頁)

本書の帯に「音声認識研究の第一人者が、『人と対話するコンピュータ』開発の最前線を分かり易くレポートした, 唯一の本。」とある。著者の古井氏はこの分野を常に牽引し続けてきた研究者である。その功績により, 2009 年 IEEE ジェイムズ・フナガン賞を受賞されたことは多くの読者の知るところであろう。

冒頭の 1 章で音声認識研究の目指すものを明確にした後, 2 章・3 章は人間の音声生成と聴覚機構を説明する。コンピュータによる認識装置を知る前に, 人間の音情報処理機構を押さえておこうという配慮であろう。そして 4 章で音声認識に用いられる音響分析パラメータを説明した後, 5 章で現在主流の「隠れマルコフモデル (HMM)」の理論が述べられる。その後 6 章と 7 章ではいよいよ具体的な音声認識装置の構築過程が解説される。8 章から 11 章までは, 音声認識の現在を性能評価から応用例まで具体的に述べ, 12 章でその将来を予測する。最後の 13 章では著者自身がどう音声認識研究と関わってきたかを振り返っている。

本書の特徴は, 第 1 に図が豊富であること, 第 2 に

数式がほとんどないこと, そして第 3 に巻末にある用語解説が, 短いが的確で理解を助けていることである。正に「最前線を分かり易く」が貫かれている。帯には「これからこの世界に入りたい人にも最適の一冊です。」の紹介文が続く。そのとおりと感じた。

さて, 本書の 144 ページ「単語をどう読むかが分らないと音声認識ができない」の項に, 著者が遭遇した旅客機緊急着陸事件が紹介されている。飛行機は無事着陸し, 何とかホテルに辿り着く。しかし別便となったスーツケースの件で航空会社に電話をすると, 応答したのは某社の音声認識装置。実用化自体はすばらしいのだがこの装置, 登録されていない著者の名前を認識してくれない。偶然にもその会社で招待講演することになっていた著者は, 翌日着替えもできず講演し窮状を訴えたという。その会社の友人のおかげで名前が認識されスーツケースは戻ったが…。本書には, このようなエピソードで認識装置の特徴を説明する工夫が随所に見られる。ちなみにスーツケースの話はまだ続く。その顛末は, 読者ご自身で確認されたい。(正木信夫)

#### 同期理論の基礎と応用——数理科学, 化学, 生命科学から工学まで——

アルカディ ピコフスキー, ミヒャエル ローゼンブラム, ユルゲン クルツ 著, 徳田 功 訳

(丸善, 東京, 2009 年, 427 頁)

ホタルの明滅や鳥の群れの飛行のように, 個々に独立した力学システムの集団が, まとまって同期して振る舞うことを, 日常の中でしばしば経験する。本書は, 物理, 生物, 電気工学における同期現象の例を豊富に用いながら, 周期振動する力学システムの間の同期を, 直感的な説明も交えつつ, 数学的に詳しく解説した良書である。日本語訳も非常に丁寧, 的確で, 日本語として読み易い文章となっている。

同期現象の例として, まず紹介されているのは, クリスチャン・ホイヘンス (音波の伝搬や回折の理論を考案したオランダの数学者, 物理学者。望遠鏡や光学の研究を行い, 天文学者でもある) が発見した振り子時計の同期である。ホイヘンスは, 船上でも使用できるような振り子時計の製作に興味があったが, ある洋上実験の際に, 2 台の時計が梁を通して機械的にゆるやかに結合した結果, 振り子の振動が互いに同期することを見つけたのである。

音響の分野では, 同じビッチを持つ 2 個のオルガンパイプ (一般には共鳴器と考えても良い) を近づける

と, これらのシステムが音響的に結合されて, 完全に同じ高さで鳴ったり, 逆に音が相殺されてしまう (クエンチング) ことが知られている。本書で扱っている同期現象とは厳密には異なるが, 弦楽器では弦と胴の共振部が結合するし, 音声でも声帯音源の機構と声道の共鳴管とが結合して, 音響フィードバックによる非線形効果 (音源波形の傾き, サブハーモニックの生成, 基本周波数のジャンプなど) を生じる。フレッチャーとロッシングの楽器音響学の教科書 (*The Physics of Musical Instruments*, Springer, 1998) でも振動系の結合が詳しく書かれているように, 楽器や音声などの物理的な音響システムを理解する上で, 本書は非常に参考になるものと思われる。

訳者の徳田博士は, ボツダム大学に留学中, 本書 (もちろん原書) で同期理論や非線形理論を勉強されており, 本書は大学院生の学習書としても非常に適しているとお聞ききしている。音響分野での同期現象に興味のある方, また非線形理論と自然現象の関わりを知りたい方にも, ぜひお勧めしたい。(鍋木時彦)