ま え が き

音は時間の流れに沿って情報を伝える。音の変化が情報を担っている。変化がなければ時間はない。私が大阪大学文学部心理学研究室において卒業論文・修士論文のテーマに選んだのは，音声や音楽など意味を担った音の適意レベル（聴取最適レベル）を規定する要因を探る実験であった。その動機は当時ラジオ組立てが趣味であった私にとってオーディオ装置を完成し，試聴するときに音声や音楽によって適意レベルが相当に異なることに疑問を持っていたことにある。音楽でも当時誕生し始めた電子音楽は音律の制限もなくこれが音楽かと驚いたが，その適意レベルは耳慣れたクラシック音楽のそれよりも低かった。しかし，その電子音楽も聞き慣れるにつれてその適意レベルは上昇した。また，適意レベルだけでなく音声の有意味度（連想価：単語を聞いて連想する単語の数）が低い単語の認知閾は高い単語より有意に高かった。なんとか修士論文としてまとめたが，二つの課題が残されていた。その第一は連想価では文章や音楽の意味の測定ができないこと，第二は意味のある音は変動する音だがその代表値を求める方法が物理的に定まっていないことであった。

意味の問題に関して，1957 年に C. E. Osgood らの“The measurement of meaning”が出版され，意味の測定法としての Semantic Differential（SD 法）が提案されたことが大きな転換点となった。この著書はイリノイ大学の意味の客観的測定を目指す数十人から成るグループが 6 年から 7 年の歳月をかけて集中的に行った研究の成果であり，心理学ほか多くの分野に影響を与えた。SD 法は内包的意味の測定法としてすぐれた方法であり，意味の問題は SD 法を基礎に，筆者の博士論文「音色の研究」としてまとめることができた。聴覚の時間分解能は音色の変化と深い関連がある。

つぎに変動の問題だが，日本音響学会に入会し，筆者の研究発表会における

最初の発表として有意味音の適意レベルの報告を行ったが，諸先輩から音刺激の物理的統制のあまりの未熟さに種々指摘があり，発表後も含めて多くのアドバイスをいただいた。日本音響学会は，学会であるとともに音の教育機関としての役割も果たしているといまでも感謝している。それとともに，変動音の評価のテーマは当時，放送番組間の音量（ラウドネス）バランスを VU 計の指示を参考にそろえることが問題になっていること，また騒音評価の分野ではレベル変動する音の測定に際し，騒音計の指示をいかに読み取るか，そして住民の訴えとよい対応関係を持つ騒音の指標は何かの話題があることを知った。

興味からスタートした変動音の研究だが，実際の現場でも問題になっていることがわかった。しかし，音声や物音など現実の音の周波数構造やレベル変化は複雑で，とても文科系の人間では制御できない。精神物理学的測定法を用いて刺激の物理量と反応との法則性を見出すには，物理量の制御が正確にできなければならない。結局，種々の音圧レベルの音源を準備しておいて，あらかじめプログラミングしておいた順序でつぎつぎと音圧レベルの異なる音を提示するシステムを作成し，実験計画に従って変動音刺激の提示ができるようになった。

定常音の周波数と音圧レベルの発生と制御はなんとか対応できたが，時間の制御は困難を極めた。結局，精密な制御はデジタル技術の進歩が支えてくれた。特に印象的なのは，恒温槽につけた水晶発振器を使って正弦波を合成する周波数シンセサイザーが発売され，アナログ時代の周波数の精度を 10 桁近く安定して高めたことである。当然，正確なクロック信号によって制御される電子スイッチの助けをかりて，精神物理学的実験には十分な時間の精度が確保できた。種々の変動パターンの音や短い持続時間の音の実験が可能となり，聴覚の動特性の研究やレベル変動音のラウドネスの研究を軌道に乗せることができた。印象的だったのは，時間はなんだかわからないが，「正確な規則性を持った振動現象」が時間を正確に測定し，制御できるという事実だった。

ここでやっと本題に入るが，この「音と時間」が日本音響学会編「音響サイエンスシリーズ」の中の一巻として出版されるきっかけは，平原達也編集委員

長が，日本学士院紀要に掲載された私の論文「音と時間 ― 精神物理学的観点から」にお目をとめていただいて，単著か編著でまとめる気持ちはないかとお尋ねいただいたことに始まる。そして，その紀要論文を書いたきっかけは，その前に日本音楽知覚認知学会から機関誌「音楽知覚認知研究」に解説として「時間，音そして音楽 ― 実験心理学的観点から」を執筆する機会を与えられたことにある。その際には山田真司，津崎 実の歴代編集長のお世話になった。

変動音の研究を続ける中でその時間を巡る技術的精度の向上にはつねに助けられていたが，「時間」そのものに向き合うには哲学的思索に乏しい私にとってたいへんな重荷であった。したがって，「時間」をテーマに論文を書くときにはつねに背中を押してくださる方が必要で，今回は平原編集委員長がその役を務めてくださった。特に今回は平原編集委員長と相談しながら共著者の人選を進め，私だけではカバーしきれない聴覚の時間に関する種々の領域を含めることができた。

脳の中でつくられる時間はきわめて多様で「時間野」といった時間に関する特定の領域は存在しないこと，それが本書の各章で紹介される聴覚における時間の多様性を裏づけていること，一方，分野を限定すれば聴覚の時間に関する感度はきわめて鋭敏であること，にもかかわらずコンピュータによる実験の時間制御の不安定性がデータで示され，聴覚の時間的側面を研究する上で，コンピュータのみに頼る時間研究の危険性が示された。聴覚は状況によって異なる「時定数」，異なる「時間窓」を使い分け，多様性を生かした適切な時間情報処理を行っているが，さらに異種感覚間の時間情報処理における時間の相違がじつは誤りではなく，多種情報間の統合によって実世界という無限定な環境の下で脳が合理的と考える情報処理を行った結果であることが論じられた。それが具体的に示されるのがデジタル放送技術における音響信号と映像の同期を巡る最先端の話題で，視聴覚間の同期に対する寛容度を見込んだ同期の処理とさらに積極的に時間の遅れを利用した放送音の演出のセンスにかかわる話題などが披露された。

最後に，本書の進展を支えてくれたオルデンブルグ大学 August Schick 名誉教授，ならびに本書の向上のためにつねに激励や貴重なご助言をいただいた平原編集委員長，およびコロナ社の方々の尽力に感謝する。

2015 年 5 月

難波 精一郎

執筆分担

難波精一郎	1 章，3 章，10 章
苧阪直行	2 章
桑野園子	4 章
Hugo Fastl（桑野園子 訳）	5 章
菅野禎盛	6 章
三浦雅展	7 章
入交英雄	8 章
鈴木陽一	9 章

目　　次

第 1 章　音と時間 ― 精神物理学的観点から

1.1　時間は実在するか ― 時間と空間 …… 1
1.2　精神物理学的観点からの音と時間 …… 4
1.3　精神物理学における「時間意識」…… 9
1.3.1　聴覚の時間分解能と順序の識別 …… 11
1.3.2　聴覚系での識別臨界速度 …… 12
1.3.3　時　間　評　価 …… 13
1.3.4　聴覚的時間の種々相と空間的時間 …… 13
1.4　ま　と　め …… 17
引用・参考文献 …… 18

第 2 章　脳の中の時間

2.1　は　じ　め　に …… 22
2.2　時間をつくる脳 …… 23
2.2.1　時間と空間の相互作用 …… 26
2.2.2　脳 と 運 動 視 …… 27
2.3　知覚と記憶の現在 …… 28
2.4　時　　間　　閾 …… 30
2.4.1　脳の中の同時性 …… 31
2.4.2　時 間 の 多 重 性 …… 32
2.5　脳の中の「現在」…… 33
2.5.1　現在，過去と未来 …… 34

2.5.2 「現在」の哲学を考える …… 35
2.6 脳の時間表象 …… 36
2.7 注意の時間窓 …… 38
2.8 空白時間 …… 40
2.9 現在と過去をつなぐ記憶 …… 42
2.10 まとめ …… 43
引用・参考文献 …… 44

第3章　音感覚の成立と時間

3.1 「時間事象」と感覚の変化 ― 生態学的妥当性をめぐって …… 47
3.1.1 音の可聴範囲 …… 47
3.1.2 非定常音と実験の生態学的妥当性 …… 47
3.1.3 音刺激の持続時間と聴覚系 …… 50
3.2 非定常音と時間条件 …… 53
3.2.1 時間条件と反応の多義性 …… 53
3.2.2 刺激と反応の多義性 ― 立ち上がり音を例として …… 54
3.2.3 減衰音のラウドネス …… 57
3.2.4 エネルギー積分および平均のモデル …… 59
3.2.5 聴覚の動特性 …… 62
3.2.6 時間的に重畳する音の知覚 ― レガートの印象 …… 64
3.3 先行音効果 ― 音源の定位 …… 66
3.4 音の流れと心理的現在 …… 68
3.5 まとめ …… 68
引用・参考文献 …… 69

第4章　音の流れと連続判断

4.1 連続判断の意義 …… 72
4.2 連続判断法の手続き …… 72

4.2.1　カテゴリー連続判断法 …… 72
4.2.2　線分長を用いた連続判断法 …… 73
4.2.3　連続記述選択法 …… 74
4.2.4　反応時間の推定 …… 75
4.3　連続判断の実験例 …… 78
4.3.1　心理的現在の推定 …… 78
4.3.2　全体判断と時々刻々の判断の関係 …… 79
4.3.3　時間変化（音に対する慣れ） …… 83
4.3.4　音　の　記　憶 …… 85
4.3.5　未 来 の 予 測 …… 86
4.3.6　聴覚の情景分析 …… 87
4.4　その他の連続判断法の適用例 …… 90
4.5　ま　と　め …… 91
引用・参考文献 …… 93

第5章　マスキングと時間

5.1　マ ス キ ン グ …… 96
5.2　時間マスキング …… 98
5.3　時間マスキングと聴覚の動特性 …… 109
5.4　ま　と　め …… 112
引用・参考文献 …… 114

第6章　リズム，テンポ，同期タッピング

6.1　秒以下の時間スケールでの知覚と運動の協調 …… 117
6.2　リズムとテンポ …… 118
6.2.1　リズムとは，テンポとは …… 118
6.2.2　リ ズ ム の 知 覚 …… 119
6.2.3　リズムに対する同期 …… 122
6.3　同期タッピング …… 124

6.3.1　同期タッピングとは …… 124
6.3.2　同期タッピングの特徴 …… 124
6.3.3　同期の制御 …… 127
6.3.4　感覚モダリティによる違い …… 129
6.4　同期タッピングの実験システム構築例 …… 130
6.4.1　ソフトウェアについて …… 131
6.4.2　ハードウェアについて …… 132
6.4.3　オシロスコープによるタイミングの測定例 …… 135
6.5　ま　と　め …… 137
引用・参考文献 …… 137

第7章　演奏表現と時間

7.1　芸術的逸脱 …… 142
7.2　スプラインカーブを用いた演奏傾向曲線 …… 143
7.3　アイゲンパフォーマンスによる特徴解析 …… 146
7.4　MIDI の精度 …… 149
7.4.1　MIDI ヴェロシティの記録精度 …… 151
7.4.2　MIDI の時間精度 …… 152
7.5　音響波形に対する時間精度 …… 154
7.6　テンポの推定 …… 155
7.7　拍子の推定 …… 159
7.8　ダウンビートの推定 …… 160
7.9　ま　と　め …… 164
引用・参考文献 …… 164

第8章　放送技術における音響と時間

8.1　放送における音声遅延 …… 167
8.2　望ましくない音声遅延 …… 168

8.2.1　自分のしゃべり声の遅延音声が「しゃべり」へ与える影響 …… 168
8.2.2　実　験　手　順 …… 169
8.2.3　実　験　結　果 …… 170
8.2.4　放送における信号遅延 …… 172
8.2.5　テレビにおける映像と音声の同期 …… 173
8.2.6　リップシンク …… 175
8.2.7　JEITA リップシンク検証実験 …… 178
8.2.8　視覚と聴覚における時間知覚 …… 180
8.3　積極的に活用する音声遅延 …… 181
8.3.1　エコーマシン …… 181
8.3.2　フランジャー，コーラスマシン …… 183
8.3.3　電子残響装置 …… 187
8.3.4　残響時間と嗜好 …… 189
8.4　ま　と　め …… 190
引用・参考文献 …… 191

第9章　空間と時間

9.1　時空間における事象知覚という視点 …… 193
9.2　マルチモーダル知覚の基本特性 …… 194
9.3　空間における視覚と聴覚情報の同時判断 …… 197
9.3.1　同時を測定するための精神物理学的実験手続き …… 197
9.3.2　視聴覚同時判断の距離依存性 — 視聴覚同時判断の恒常性 …… 199
9.4　視聴覚情報で構成されるマルチモーダル感覚事象の統合時間窓 … 203
9.4.1　通過・反発事象 …… 203
9.4.2　腹話術効果 …… 204
9.4.3　マガーク効果 …… 205
9.4.4　時間領域腹話術効果 …… 205
9.4.5　視聴覚統合に関する時間窓 …… 206
9.5　情報通信システムにおける視聴覚信号の同期に関連する諸特性 … 207
9.5.1　音声の時間伸長と読唇効果 …… 208
9.5.2　マルチモーダル知覚過程としての音空間知覚の時間特性 …… 210

9.5.3　高次感性情報（臨場感・迫真性）の時間特性 …… 213
9.6　まとめ ― 音（聴）空間知覚と時間 …… 215
引用・参考文献 …… 217

第 10 章　まとめ ― 音における時間とは

10.1　精神物理学における時間 …… 224
10.1.1　時間の多様性 …… 224
10.1.2　「客観的時間」と「主観的時間」 …… 225
10.1.3　音刺激と反応の時間精度 …… 226
10.1.4　音　楽　情　報 …… 229
10.1.5　時　間　意　識 …… 230
10.2　文化としての時間 …… 233
引用・参考文献 …… 242

索　　引 …… 244

第1章

音と時間 ― 精神物理学的観点から

1.1 時間は実在するか ― 時間と空間

ニュートンが1687年に出版した「自然哲学の数学的諸原理（プリンキピア）」に，**絶対時間**と絶対空間の考えが示されている[1)[p. 63]†]。現実のマクロの世界ではニュートンの運動法則は数学的によく適合する。音響学における予測式や理論式における時間や空間の概念はニュートンの絶対時間，絶対空間に従って作られているといっても過言でない。現代社会において生活体験との対応関係もとりやすい。

だがしかし，このニュートンの絶対時間（コラム1），すなわち「外界の何ものとも関係なく実在している時間」の「実在」，および「無限に一様に流れる」とされる時間の「無限」と「流れの均等性」は証明できるのであろうか。

事実，現代の物理学，例えば相対性理論や量子力学において，そして多くの

コラム1

絶対時間

「物質がなくとも，変化がなくても，時間と空間は絶対的なものとしてあるのである。時間には始まりとか終わりとかいった絶対的意味のある部分が全然ない。無限に一様に流れるだけである。空間も，中心も辺境もない一様な無限空間である。」（ニュートンの「プリンキピア」）[1)]

† 肩付数字は各章末の引用・参考文献番号（[ ] 内はその文献のページ数）を表す。

「時間論」において，このニュートンの絶対時間・絶対空間の概念は受け入れられていない。例えば物理学の啓蒙書を見れば，宇宙はビッグバンそして宇宙のインフレーションに始まり決して無限でないこと，相対性理論は時間と空間は一体不可分な「時空の物理学」であって，高速で遠ざかる物体と観測点では時間が進む速さと空間の物差しが異なること，また量子の世界では時間は決して均等でないこと，などが紹介されている[1),2)]。

とはいえ，われわれの日常世界，特に音の世界では時間は実在し，物理的に一様に流れているとの表現に違和感は少ない。

フッサール（E. Husserl）[3)]は，**時間意識**について詳細な現象学的分析を行っているが，そこで“音響過程の意識，ちょうどいま聞こえてくるメロディーの意識がある継続関係を明示することについては，われわれは一切の疑いや否定を無意味に思わせる明証を有している。”[3)[p. 10]]と述べ，音に内在的時間の所与性を求めている。さらに“音を内在的に聞くとき，「時間の流れの中で感覚されたもの」に向かう”[3)[p. 173]]という表現の中で，時間を流れにたとえている。“音は時間に内在し，持続し，変化する”[3)[p. 174]]という表現にも見られるように，音は時間と分かちがたく存在している。ただし，フッサールは「客観的時間」を現象学的与件でないとして排除する[3)[p. 10]]。したがって，「客観的時間」とは何かは定義されていない。

時間は実在しないとする立場で有名なマクタガート（J. M. E. McTaggart）のA系列，B系列，C系列としての時間がある[4)[pp. 85-132], 5),6)[pp. 301-337]]。コラム2にA，B，Cの3系列の簡単な紹介がある。この論点からは客観的時間の存在は否定される。しかし，そのマクタガートでも“もし，本当に，A系列が何か純粋に主観的なものであるなら，そこに何の問題もないであろう”[6)[p. 321]]と主観的A系列は認めている。むしろ主観的世界ではA系列の時間もB系列の時間も素朴に存在する。時間的秩序を失ったC系列でも時間はパターンとして空間化されて存在し得る（3章参照）。

時間が主観的世界に存在することはフッサールもマクタガートも否定していない。しかし，ニュートンの絶対時間の存在は先に述べたように現代物理学で

コラム 2

時間は実在しない ― A 系列・B 系列・C 系列の時間

A 系列は任意の時点を起点とした過去–現在–未来の関係を意味するが，マクタガートによると A 系列では同じ出来事 M が元来両立不可能な現在にも過去にもまた未来にでもなり得るから実在しない。B 系列は歴史的出来事のように時間の前後関係が固定し変えようがない。変化こそ時間であると考えるなら B 系列も時間でないとする。単なる秩序はあっても C 系列にはそもそも時間はない。結局，時間は実在しない。（マクタガート）[4)〜6)]

は肯定されていない。そもそもニュートン自身も「時間と空間」の定義は「位置，運動」とともにだれでもよくわかっていることとしてあえて定義していない。これに関し，佐藤は“時間，空間といったあまりに広い概念は，本来は定義できないものである”と述べている[1)[p. 18]]。

時間とは何かについて古来より数多論じられてきた。パスカルも“「時間」という語は「原始語」の一つであり「定義することはできないし，またそれは無用である」”と述べている[7)[p. 153]]。時間に関する多くの書物の冒頭で，かの有名なアウグスティヌス（A. Augustinus）の「告白」における“もし誰も私に問わなければ，私は知っている。もし問う者に解き明かそうとすれば，私は知らない”という時間についての釈明が紹介されるゆえんだろう[3)[p. 9], 8)[p. 2], 9)[p. 261]]。

ニュートンも避けたように「時間」の定義は難しい。「時間」の概念には万物の誕生（発生）から死（終末）に至るあまりにさまざまな出来事の経過が含まれているので，時間一般に関する普遍的定義は不可能といえるし，それこそ時間の本質なのだろう[10)]。すなわち，調枝[11)[p. 4]]が指摘するように時間の定義についてその視点を限定しなければ，「不良設定問題」となり解けない。良設定問題にするにはなんらかの「拘束条件」が必要となる。「拘束条件」すなわち研究意図に即し焦点を絞った時間の定義の提案が必要とされるゆえんである。「拘束条件」とは割り切ることでもある。本書は精神物理学的観点から「音と時間」に迫ることをその目的とする。そこで拘束条件としての「精神物

理学的観点」から時間の定義を試みたい。

1.2　精神物理学的観点からの音と時間

精神物理学（psychophysics）は 19 世紀にフェヒナー（G. T. Fechner）によって提唱された。精神物理学およびその創始者のフェヒナーについては多くの紹介や解説がある[12)[pp. 34–45], 13), 14)[pp. 171–182]]。また，フェヒナーの生誕 200 年を記念して彼の主著「精神物理学要論（Ellemente der Psychophysik）」を含む多数の文献や写真が CD-ROM[15)]に収録されている。さらにフェヒナーの生涯とその思想に関して詳細な伝記が出版されている[16)]。

フェヒナーの精神物理学は現代の実験心理学に大きな影響を与えたが，それは心の世界を数式で表現し，量的に測定することを目指したからといえる。精神物理学は「刺激の物理的性質と，その刺激によって生じる感覚・知覚などの心理的過程との量的関係を研究する実験科学の分野を指す」[17)]と定義されている。

実験心理学，特に精神物理学の立場から，「音と時間」を取り扱うには，精神物理学における「音と時間の定義」を考える必要がある。音に関しては JIS Z 8106 音響用語（一般）[18)]において“音波またはそれによって起こされる聴覚的感覚”と簡便に定義されている。この定義は物理現象としての音と音感覚としての音とを混同するもので適切ではない。ただし，日常の用法で音に両面の意味を含めて記述するときには便利であり，慣用的に使用されている。本書でもそれにならう。ただし，特に両者を区別する必要がある場合，物理的な音に関しては音波または音刺激，感覚としての音に関しては聴覚を用いる。聴覚の適応刺激としての音波は空気の疎密波として物理的存在であり，その音圧や周波数の測定は客観的に可能である。

一方，「時間」の定義は精神物理学においても難しい。そもそも精神物理学において，刺激としての時間は存在しない。

ウッドロー（H. Woodrow）[19)[p. 1235]]も述べているように時間は刺激ではない（コラム 3）。これは当然の指摘だが，つねに留意すべき重要な点である。

難波[20),21)]は，「精神物理学における時間」という拘束条件の下で，刺激に対する**計測された時間**を**時間事象**として取り扱うことを先に提案した。「時間」は物理的に確かに計測できる。計測には当然誤差を伴うが，現代の電波時計（GPS 時計）はコラム 4 で例示するように日常生活では十分な正確さ（精度）で標準時間を表示してくれる。この意味で，計測された時間は「公共的時間における**客観的同時性**」[4)[p. 168]]を満たすものとして「実在」すると信じるに足る。計測可能である以上，標準化された単位〔秒〕や単位によって構成される客観的な時間軸を設定し，「計測された時間」を時間軸上に定位できる。時間は確

コラム 3

時間は刺激ではない

時間はりんごが知覚されるように知覚される事物ではない。**物理的時間**（physical time）を占めるのは刺激や刺激のパターンであり，われわれはこれら刺激に対し知覚し，判断し，比較し，そして評価するのである（ウッドロー）[19)]。

コラム 4

GPS と原子時計

― 現代における「公共的時間における客観的同時性」[4)]の実現

現代の時計の精度は世界標準時（協定世界時）に使われる，いわば実用的なセシウム原子時計の場合でも数千万年に 1 秒という高い精度を実現している。東大で開発された光格子時計は百億年に 1 秒しか狂わないという高い精度に到達し[22)]，さらに開発中の最先端の計測装置イッテルビウム光格子時計は“137 億年で 1 秒しかずれない”精度を目指すなど[23)]，ほとんど宇宙の誕生から今日に至る間で理屈上誤差が生じないレベルに到達しつつある。物理学の最も基本的な定数である光速〔m/s〕における「s（秒）」の地位を確定したかの感を抱かせる。往年のゼンマイ式時計の精度では，「計測された時間」をもって客観的時間あるいは「公共的時間における客観的同時性」とうたうにはためらいがあった。標準時と同期した GPS の発する精度の高い時間情報は，遠隔場所に置かれた複数の音圧計の計測開始の同期を正確にとるために実用化されるなど，まさに空間を超えた客観的同時性を実現している[24)]。

かに刺激でないが，精神物理学的実験において，独立変数として横軸に「計測された時間」をとり，縦軸にそれに対応する感覚量を従属変数としてとって両者の関数関係を求めることができる。

また，10.2節「文化における時間」で述べるように，時計すなわち「計測された時間」で告知される時間が，木村[25)[p. 57]]が指摘する「私的・個人的な時間ではなくて，いわば**制度的時間**ともいうべき公共の時間」としてきわめて強い拘束性を持ち行動規範として認められている現実もある。これも精度の高い，公共的直線時間が社会に浸透したためと思われる。

コラム4で紹介した現在の高度な測定システムの実現で「計測された時間」の精度・妥当性を確信できても，時間の流れを物理的に直接測定できる仕組みはない。長さや重さは「メートル原器」,「キログラム原器」として実体を示すことが可能だが「時間原器」として示せる実体はない。「計測された時間」の精度は確信できても，ニュートンのように時間の実在，すなわち「物質がなくとも，変化がなくとも時間は空間とともに絶対的に存在する」ことの証明は難しい。

時間とその哲学的考察については滝浦[4)]にかりるところが多いが，滝浦[4)[p. 182]]は，“ある現象形態を持った出来事の実在性と**時間の実在性**とは区別して考えるべきであろう”，そして“時間の実在性という言葉には，十分用心しなくてはならない。というのも，時間をどのように解するにせよ，時間みずからが直接に事物に働きかけて，それらを継起させたり，その順序を規定したりするはずがないからである。…… したがって，出来事の継起の順序が時間によって〈規定〉されるという言い方は，時間を実体化した不正確な言い方であって，時間は，それ自体としてはなんの現実的作用も行使しないという意味では非実在的なものなのである”と論じている。

これ以上,「時間の実在性」について哲学的アポリアに迷い込むことなく，論じるにはよほどの力量を必要とする。だが,「時間とは何か」との問に答が得られないまま，計測された時間を「客観的時間」あるいは「物理的時間」と呼ぶにもためらいがある。ここでは,「計測された時間」を「時間事象」と呼

ぶにとどめ，精神物理学において音刺激の時間条件の客観的表示として用いる。そこには「時間意識」としての時間との混同を避けたいとの意図も含まれている。ただし，両者を区別する必要のない場合には，単に時間と記述する。ここで「時間事象」の言葉を用いたのは，「こと」としての時間が計測値として「もの」に現れ出た事象としてのニュアンスをにじませたかったからでもある。木村[25) [pp. 40–43]]の，ベルクソン（H. Bergson）の純粋持続批判をめぐって「こと」としての時間が「もの」に投影されて不純となったときに初めてそこから時間の実感が生まれてくるとの論述はたいへん示唆に富んでいる。

精神物理学における時間を「計測された時間」として操作的に定義することが認められたとして，**時間の原点**すなわち 0 の時間も操作的に決めねばならない。この時間の原点をめぐる問題は哲学における現在（いま）と過去，未来を切り分ける「点（瞬間）」として古くより議論されてきた。しかし，精神物理学には刺激としての時間はない。上述のように，“時間は，それ自体としてはなんの現実的作用も行使しない”。聴覚を生ぜしめるのは可聴範囲の音波のエネルギーである。音波のエネルギーが立ち上がってから消滅するまでの「計測された時間」は時間事象として取り扱い得る。継続時間 0 ではエネルギーは放出されず，外部刺激は存在できない。もちろん，音は聞こえない。精神物理学の刺激条件で単なる時間 0 はあり得ない。バシュラール（G. Bachelard）が論じるような「持続のない瞬間」[26) [p. 20]]は，精神物理学の刺激条件では存在し得ない。精神物理学における瞬時とは「計測可能」な最小の持続時間とでもいえようか。「時間事象」としては幅を持つが，「瞬時」と感じる体験は主観的にはあり得る。

精神物理学における時間の原点を，音源からエネルギーが放出を開始する時点（開始時点）と考えることにする。その意味で精神物理学においては時間は無限の過去から流れているのではなく，音刺激が発生した時点を原点とする。原点はあくまで任意である。この原点は時間の計測装置，制御装置の助けをかりて実験者が司る。その精度と妥当性は時間を司る実験者の力量に大きく依存する。確かに標準時間の精度はきわめて高いが，現実の精神物理学的実験にお

索　　引

あ

アイゲンパフォーマンス *148*
アインシュタイン *32*
アウグスティヌス *25*
アーチファクト *202*
圧縮過程 *60*
圧縮デバイス *60*
アフターエフェクト *62, 110*
アリストテレス *35*
アンビエント *213*

い

閾　値 *31, 96*
意識の流れ *25*
異種感覚 *233*
位相修正 *127*
一貫性 *240*
移動時間窓 *59*
意　味 *118*
因子得点 *56*

う

ウェーバーの法則 *126*
ヴント *25*
運　動 *117*
運動失認 *28*
運動指令 *212*

え

映像音声同期 *174*
永福門院 *30*
液晶ディスプレイ *134*
エコー *216*
エコー閾 *66*
エコーチェンバ *187*
エコーマシン *181*
エディソン *207*
エネルギー値 *55*
エネルギー平均値 *61*
エピソード記憶 *16*
演奏傾向曲線 *143*
演奏データ転換 *145*
エンベロープ *154*

お

応答時間 *195*
オシレーション *37*
オシロスコープ *132, 227*
音空間知覚 *210, 215, 216*
音刺激の時間（条件） *226*
音の記憶 *85*
音誘導性視覚運動 *197*
オーバーシュート *62, 110*
オールパス
　リバーブレータ *188*
音圧レベル *55*
音楽情報処理 *229*
音楽知覚認知 *229*
音響心理学 *96*
音源の空間定位 *66*
音声知覚 *205, 207*
音声知覚過程 *207*
音声聴取 *216*
音声の時間伸長 *208*
音声明瞭度 *67, 216*
音声了解度 *208*
音像定位 *211*
音像定位弁別限 *215*

か

外　延 *232*
階層性 *120*
外側膝状体 *196*
外的精神物理学 *11*
外的妥当性 *49*
概念駆動 *119*
海　馬 *42*
科学的管理法 *237*
仮現運動 *26*
カテゴリー連続判断法 *15, 72, 230*
過渡音 *53*
過渡的マスキング
　パターン *104*
カフボックス *169*
感覚運動協調 *117*
感覚遮断 *28*
感覚種 *194*
感覚情報処理系 *16*
感覚属性 *9*
感覚モダリティ *117, 194*
感性評価語 *214*
関連性 *206*

き

記　憶 *80*
規制された時間 *226*
機能的磁気共鳴画像法 *37*
基本ソフトウェア *131*
客観的時間 *2, 35, 226*
客観的同時性 *5*
求心性信号 *212*
驚愕反応 *212*
狭帯域雑音 *96*
協定世界時 *227*
距離依存性 *199*
距離手がかり *201*

く

空間的時間 *16, 18*
空間性の一致 *206*
空間分解能 *193, 195*
空白時間 *8, 40, 216*
グラフィックボード *134*
クリック音系列 *158*
クロスモダリティ
　マッチング *74*
クロノスコープ *25*
群　化 *119*

け

継時性 *31*
芸術的逸脱 *142, 230*
計測可能な時間 *8*

計測された時間　5, 225
経頭蓋磁気刺激　28
ゲシュタルトの法則　88, 231
決定係数　49
決定デバイス　59
原子時計　5
原始仏教　36
現象学的分析　2
減衰音　53
減衰時間　53

こ

口　腔　205
硬口蓋　205
後向マスキング　98
高次感性情報　213
高次認知過程　224
恒常性　200
口　唇　205
高速フーリエ変換　231
広帯域雑音　96
高度感性情報　217
五　感　24
個人間曖昧性　157
個人内曖昧性　157
コムフィルタ　183
コーラスマシン　184
コンテンツ　214
コンボリューション
　リバーブレータ　188

さ

再求心性信号　212
最大値　57
最適な残響のミキシング
　レベル　189
サウンドボード　133
サーカディアンリズム　37
サプレッション　110
差分法　25
残響時間　14, 99
3 次元音空間　215
3 次元聴覚ディスプレイ　210
サンプルレートコンバータ
　174

し

ジェット効果　183
ジェフレスモデル　215
ジェームス　25
視覚系　216
時　間
　――の意味　217
　――の原点　7
　――の実在性　6
　――の流れ　72
時間意識　2, 22, 225
時間エンベロープ　107
時間感覚測定器　25
時間ギャップの分解能　102
時間研究　237
時間厳守の要請　235
時間事象　5
時間縮小錯覚　120
時間受容器　224
時間順序判断　198, 205, 210
時間伸長　208
時間積分器　59
時間積分効果　98
時間知覚　117
時間的再較正　129
時間的遡及　34
時間的非対称性　206
時間幅（窓）　33
時間評価　13, 40
時間分解能　11, 131,
　195, 205
時間マスキング　98
時間マスキングパターン　112
時間窓　8, 32, 124, 203,
　206, 210, 212,
　217, 224, 225
時間窓長　206
時間野　24, 224
時間領域腹話術効果
　205, 206
識別臨界速度　12
視空間　202
時空間特性の一致　195, 206
時空相待　26
歯　茎　205
時系列処理　16
刺激閾　47, 233
視交叉上核　38
志向性　22
視細胞　196
時々刻々
　――の印象　72
　――の判断の平均値　79
指示騒音計　60
事　象　194
事象関連電位　41
事象群　216
視神経　196
持続のない瞬間　7
視聴覚コンテンツ　214
視聴覚統合　175, 205
　――に関する時間窓
　206, 210
視聴覚同時判断　199
　――の距離依存性　199
　――の恒常性　199
実行系　41
実世界　217
失メロディー症　123
実用的な妥当性　61
失リズム症　123
時定数回路　51
自発的テンポ　121
島皮質　37
弱　電　207
ジャストインタイム　236
自由意思　34
周期修正　127
周波数変調音　96
主観的継続時間　109
主観的時間　35, 226
主観的等価点　53
主観的同時性　129
主観的同時点　198, 210
主観的リズム　119
熟達度スコア　146
主成分分析　147
純　音　96
循環的（円環的）時間　234
順序閾値　31
順序の識別　11
純粋持続　14
順　応　83, 202, 209
衝撃音　57
情　動　118
小　脳　37, 128
情報通信　207
情報通信システム　207
初期反射音　216
触覚刺激　207
処理資源　41
シングルタスク OS　131
シンクロナイゼーション　29
神経節細胞　196
信号処理　113
心的クロノメトリー　25
振幅変調音　96

シンプルリバーブレータ 188
信頼性 195
信頼性係数 50
心理音響学 10
心理的現在 8, 40, 78, 124, 224
心理物理学 199
心理連続体 198

す

図 214
水晶クロック 132
ステレオエコー 182
スプラインカーブ 143
スプリングエコー 187
スペクトラム包絡変調 186
スペクトラルフラックス 163

せ

精神物理学 4, 30, 199
精神物理学的法則 18
生態学的観点 233
生態学的妥当性 49, 80
制度的時間 6
積分型騒音計 60
積分過程 51, 59
積分時間 231
絶対閾 47
絶対閾値 31
絶対時間 1, 226
刹　那 36
刹那滅論 36
前運動皮質 128
前　景 213
先行音効果 66, 215
前向マスキング 98
全体判断 79
前庭系 216
前頭前皮質 128
前頭前野 29, 37
前頭葉 31, 41
線分長を用いた連続判断法 72, 73
旋律線 120

そ

総エネルギー量 57
騒　音 83
騒音計 51
操作的定義 226
促　音 173
属　性 8
測地線距離 216
存在論 25

た

帯域通過フィルタ 59
第一次視覚野 196
対数法則 60
体性感覚皮質 34
体内時計 38
大脳基底核 37, 128
対　比 119
タウ効果 14, 26
ダウンビート 160
ダウンビートらしさ 163
多感覚情報 193
多重フラッシュ錯覚 196
多相コーラスマシン 184
立ち上がり時間 53
ダミーヘッド 212
ダルマキールティー 25
短　音 197, 200, 209
短期記憶 23
単語了解度 209
単調拍子 119
単発騒音暴露レベル 58

ち

地 213
遅延時間 132, 210
——の検知限 211
遅延聴覚フィードバック効果 169, 171
知　覚 117
知覚後過程バイアス 198
知覚的体制化 119, 156
逐次感 12
地上デジタルテレビ放送 172
注　意 41, 214
中枢神経系 51
調音点 205
聴　覚
——の時定数 51
——の情景分析 87
——の動特性 109
——の動特性のモデル 110
聴覚野 224
聴覚優位性 130
聴取最適レベル 91
調　性 120
丁度可知差 198, 199
直接音 67
直線的時間 234

つ

ツイール 27
通過・反発刺激 195
通過・反発事象 203, 206
通過事象 196

て

低域通過フィルタ 59
提示時間差 198
定時制 235
ディジタルリバーブレータ 187
ディスプレイ 134
ディレイマシン 181
定量記譜法 238
手がかりの効果 102
デカルトの劇場モデル 32
適応行動 53
適応的な精神物理学的測定法 38
テスト音 96
テストトーン 96
データ駆動 119
デバイスドライバ 132
デフォルトモード 29
デルタ運動 26
テレヘッド 212
テンポ 117
テンポエコー 183
テンポ知覚
——の曖昧性 156
——の個人間曖昧性 157
——の個人内曖昧性 157
テンポ変動曖昧性 157

と

等エネルギーの原理 62
等エネルギー平均モデル 62
等価騒音レベル 61
等価点 233
同期タッピング 117, 231
同時性 31
同質化 119
同時判断 197
同時マスキング 98
頭頂葉 31
動特性 57
——のモデル 62

読唇効果 208
特徴抽出 230
トップダウン 119
ドップラー効果 27
ドンデルス 25

な

内的クロック 120
内的精神物理学 11
内的妥当性 49
内　包 232
長い記憶 25
慣　れ 83
軟口蓋 205

に

西田幾多郎 35
2 乗則デバイス 59
認識論 25
認　知 117
認知症 42
認知的バイアス 198
認知的要因 62
認知脳科学 41

ね，の

音　色 56
　――の弁別 12
ノイジネス 75
脳イメージングの手法 10
脳　波 119

は

場 213
バイオロジカルモーション 27
背外側前頭前野 41
背　景 213
背景騒音 91
ハイデガー 25
倍半許容 158
倍半テンポ問題 155
バインディング 32
拍 120
白色雑音 96
迫真性 214, 217
拍節構造 120
暴露-反応関係 50
バースト音 206
パーソナルコンピュータ 131
バーチャルセット 175
バーチャルリアリティ 202
発光ダイオード 134
パラレル処理 16
バルクハウゼン 207
パルス 120
反射音 66
判断バイアス 198
反応時間 75
半波整流器 59
反発事象 196

ひ

東日本大震災 216
光格子時計 5
光バースト 206
非対称性 206
ヒップ 25
非定常音 49
拍　子 120
標準時間 234
ビンポンエコー 182

ふ

フェヒナー 31
フェルマータ 242
フォトトランジスタ 135
複合音 96
腹話術効果 195, 204
フッサール 25
物理的時間 5, 226
負のずれ 125
ブラウン管 134
フラクチュエーション　ストレングス 109
フラッシュ 197, 200, 205, 207, 209
フランジャー 183
フーリエ変換 155
フリーズした帯域雑音 107
フレーズ 120
フレッス 40
プレートエコー 187
フレームシンクロナイザ 174
文化的背景 239
分節化 119
分離閾 31

へ

平滑化 59
平均演奏 147
平均化過程 61
ベイズ推定 195
べき法則 60
ベータ運動 26
ヘッドフォン 201
ペッペル 31
ベ　ル 207
ベルクソン 25
変調周波数 112
変調の深さ 112
弁別閾 31, 233

ほ

補足運動野 128
ボトムアップ 119
ポリフォニー音楽 238
ボーリングレート 132

ま

マイナスワン 169
マガーク効果 205
マクタガート 34
マジカルナンバーセブン 42
マスカー 96
　――の時間関数 107
マスキング 96
マスキング-周期パターン 107
マスク閾 99
マルチタスク 131
マルチタスク OS 131
マルチタスク方式 227
マルチモーダル感覚情報 193, 206, 210, 215
マルチモーダル知覚 194

み，む

短い記憶 25
ミラー 42
未来の予測 87
無限定環境 217
矛盾的自己同一 36

め，も

メトロノーム 39
モイマン 25
網　膜 196
モダリティ 194
モーラ 208

ゆ

唯識学派 36

誘発電位 10, 53

よ

予期的傾向 125
抑制効果 212
余　裕 236
余裕率 237

ら

ラウドネス 75
ラウドネスメータ 51
ラウドネスレベルの
　計算法 61
ラグアダプテーション 129
ラフネス 109
ランダムアクセスメモリ 43

り

リアリティ 202, 213
リズム 117
　――の同期 231
リズム感 122
リズム知覚 117
リップシンク 175, 178,
180, 208
リハーサル 42
リフレッシュレート 134
リ　ベ 33
両耳間時間差 215
両耳間相関度 216
両耳間相互相関度 216
臨界継続時間 51, 231
臨界時間 215
臨界帯域 96
臨界帯域幅 50
臨場感 213, 217

れ，ろ

レガートの印象 15, 64
レズリースピーカ 184
連　合 202
連続記述選択法 72, 74
ロングパスエコー 216

わ

ワーキングメモリ 23,
125, 224
ワンセグ放送 172

A

AD 変換器 228
AM 音 96
auditory stream 88
A 系列の時間 2
a　波 196

B

backward masking 98
B 系列の時間 2

C，D

CRT 134
DA 変換器 228
DVE 175

E

EEG 119
ERP 41

F

FFT 231
fMRI 37
FM 音 96
forward masking 98

H，I

HM 42
IACC 216
IOI 150, 227
ITU-R 168

J，K

JEITA 168
JND 198
k-means 法 146

L

L_{Aeq} 75
LCD 134
LED 134

M

MAA 215
MIDI 143
MIDI 機器 227
MT 野 27

O，P

overshoot 99
PFC 128
PMC 128
post-masking 98
pre-masking 98
PSE 53
PSS 198

R，S

round robin test 58
SD 法 56
simultaneous masking 98
SIVM 197
SJ 法 197, 206
SL 210
SMA 128
SOA 198, 199, 204,
205, 214
　――の丁度可知差 199
STFT 155
S 効果 26

T，V

TOJ 205
TOJ 法 198
VU 計 51

―― 編著者・著者略歴 ――

難波　精一郎（なんば　せいいちろう）

1961 年　大阪大学大学院文学研究科博士課程単位取得退学（心理学専攻）
1967 年　大阪大学助教授
1971 年　文学博士（大阪大学）
1973 年　大阪大学教授
1980 年　オルデンブルグ大学（ドイツ）客員教授（DAAD，DFG による招聘）
1981 年　サウサンプトン大学音響振動研究所（英国）客員研究員（文部省長期在外研究員）
1996 年　大阪大学名誉教授
1996 年　オルデンブルグ大学名誉哲学博士
1996 ～　宝塚造形芸術大学教授
2004 年
2007 年　日本学士院会員

苧阪　直行（おさか　なおゆき）

1976 年　京都大学大学院文学研究科博士課程修了（心理学専攻）
1979 年　文学博士 (京都大学)
1982 年　追手門学院大学助教授
1987 年　京都大学助教授
1994 年　京都大学教授
2008 年　日本学術会議会員
2010 年　京都大学名誉教授
2012 年　日本学士院会員

桑野　園子（くわの　そのこ）

1967 年　大阪大学文学部哲学科卒業
1983 年　工学博士（東京大学）
1985 年　ミュンヘン工科大学（ドイツ）客員研究員
1992 年　大阪大学助教授
1996 年　大阪大学教授
2005 年　日本学術会議会員
2008 年　大阪大学名誉教授
2012 年　放送大学客員教授

Hugo Fastl（フーゴー　ファスル）

1969 年　ミュンヘン音楽大学（ドイツ）卒業
1970 年　ディプロム（工学）（ドイツ：ミュンヘン工科大学）
1974 年　Dr.-Ing.（ミュンヘン工科大学）
1981 年　教授資格取得（ミュンヘン工科大学）
1987 年　アカデミックディレクタ（ミュンヘン工科大学）
1987 年　大阪大学客員教授
1991 年　ミュンヘン工科大学教授
2009 年　ミュンヘン工科大学名誉教授

菅野　禎盛（すがの　よしもり）

1995 年　北海道大学文学部行動科学科卒業
1997 年　北海道大学大学院文学研究科修士課程修了（行動科学専攻）
2001 年　九州芸術工科大学大学院芸術工学研究科博士後期課程修了（情報伝達専攻）
博士（芸術工学）
2001 年　財団法人九州システム情報技術研究所勤務
2002 年　九州産業大学講師
2008 年　ティルブルク大学（オランダ）客員研究員
2008 年　九州産業大学准教授
現在に至る

三浦　雅展（みうら　まさのぶ）

1998 年　同志社大学工学部知識工学科卒業
2003 年　同志社大学大学院工学研究科博士後期課程修了（知識工学専攻）
博士（工学）
2003 年　龍谷大学助手
2005 年　龍谷大学講師
現在に至る
2012 年　ハノーファー音楽演劇メディア大学音楽医学研究所（ドイツ）客員研究員

入交　英雄（いりまじり　ひでお）
1979 年　九州芸術工科大学芸術工学部音響設計学科卒業
1981 年　九州芸術工科大学大学院芸術工学研究科修士課程修了（情報伝達専攻）
1981 年　株式会社毎日放送勤務
現在に至る
2013 年　九州大学大学院芸術工学府博士後期課程単位取得退学（芸術工学専攻）
博士（芸術工学）

鈴木　陽一（すずき　よういち）
1976 年　東北大学工学部電気工学科卒業
1978 年　東北大学大学院工学研究科博士課程前期修了（電気及通信工学専攻）
1981 年　東北大学大学院工学研究科博士課程後期修了（電気及通信工学専攻）
工学博士
1981 年　東北大学助手
1987 年　東北大学助教授
1991 年　ミュンヘン工科大学（ドイツ）客員研究員
1999 年　東北大学教授
現在に至る

音　と　時　間

Sound and Time

© 一般社団法人 日本音響学会 2015

2015 年 7 月 17 日　初版第 1 刷発行

検印省略

編　　者　一般社団法人
日 本 音 響 学 会
東京都千代田区外神田 2-18-20
ナカウラ第 5 ビル 2 階
発 行 者　株式会社　コ ロ ナ 社
代 表 者　牛 来 真 也
印 刷 所　萩 原 印 刷 株 式 会 社

112-0011　東京都文京区千石 4-46-10
発行所　株式会社　**コ ロ ナ 社**
CORONA PUBLISHING CO., LTD.
Tokyo Japan
振替 00140-8-14844・電話（03）3941-3131（代）
ホームページ　http://www.coronasha.co.jp

ISBN 978-4-339-01333-7　（松岡）　（製本：愛千製本所）
Printed in Japan

本書のコピー，スキャン，デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられております。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は，いかなる場合も認めておりません。
落丁・乱丁本はお取替えいたします