脳波を用いた地域の基本的景観と音の相互作用評価

正員 奥谷 巖* 非会員 高瀬 達夫*

Evaluation of Interaction Between Fundamental Landscapes and Sounds in a District via Brain Wave

Iwao Okutani*, Member, Tatsuo Takase*, Non-member

Interactions between regional landscape and sound are investigated in terms of subjects' brain wave properties, i.e., α wave power spectrum and frequency fluctuation index of brain wave. The landscape samples consist of sea, buildings, crowds, trees, flowers, streamlet, vehicular traffic flow and residential area while the sound samples are made up of crowds sound, insect chirpings, rustling sound of leaves, wave sound, stream murmurings, bird chirpings and supersonic. It is revealed that (1) most of the best combinations of landscape and sound include natural landscape and sound whereas the worst combinations are associated with artificial environments, (2) best(worst) combinations determined via fluctuation index are composed of the landscape and sound which are evaluated as bests(worsts) at landscape only or sound only stimulus tests, (3) based on the α wave power spectrum, some of the best combinations include the landscapes and sounds which are evaluated low at the single stimulus tests and also some worst combinations include the stream murmuring sound or wave sound which are highly ranked at the sound only tests, (4) since supersonic appears in many worst combinations, it is likely to bring about unpleasant effects on human psychology.

キーワード：景観，音，脳波，アルファ波，ゆらぎ

Keywords : landscape, sound, brain wave, α wave, fluctuation

1. はじめに

本来，地域空間のアメニティを感知するのは空間から刺激を受けるすべての感覚を通したものである。したがって，厳密な意味での地域空間のアメニティ性の評価はそうした方向でなされなければならないと言える。

本研究は上記のことに鑑み，そのための第 1 歩として五感の中で環境認知上支配的と思われる 2 大感覚の視覚，聴覚で感知される景観と音環境に着目し，それが人間の心理に及ぼす相互作用について脳波的な視点から検討しようとするものである。

音や空間内の事物に対する心理反応評価に脳波を応用した例はあるが^{(1)~(4)}，地域の景観と音環境の相互作用を脳波特性から分析した研究は今のところ存在しない。なお，本研究で称する脳波特性はアルファ波パワースペクトルと原脳波のゆらぎ指数である。アルファ波は人間の精神が清澄な状態のときに卓越すると言われており⁽⁵⁾⁽⁶⁾，参考文献(2)~(4)ではそれを評価基準として採用している。脳波のゆら

ぎの概念はアルファ波の周波数ゆらぎについてのみその応用がなされているが⁽¹⁾⁽⁷⁾，原脳波の周波数ゆらぎについては人間の心理反応との関連で議論された例は現在のところない。

2. 研究の方法

〈2・1〉 概要 地域における基本的景観と基本的音環境をそれぞれ 8 サンプルずつ準備し（詳細は後述），視覚刺激単独，聴覚刺激単独及び視覚・聴覚複合刺激という 3 つの異なる条件下における被験者の脳波を測定する。測定された脳波の高速フーリエ変換から α 波のスペクトルパワー値を求めるとともに，原脳波からゼロ交差法を駆使して周波数点過程時系列を求め，そのスペクトル解析を経てゆらぎ指数を算出する⁽¹⁾。

これら 2 つの脳波特性を被験者心理を反映する物理的指標として，複合刺激下及び単独刺激下のそれらの値の比較から，景観と音の相互作用を評価する。

〈2・2〉 景観サンプル 市街地や周辺部には様々な景観が展開しているが，本研究では次のような 8 つの基本的景観を実験対象として抽出した。すなわち

景観 1：海，景観 2：ビル群，景観 3：人ごみ，
景観 4：緑(樹木)，景観 5：花，景観 6：せせらぎ，

* 信州大学工学部社会開発工学科
〒380-8553 長野市若里 4-17-1
Dept. of Architecture and Civil Engineering, Faculty of
Engineering, Shinshu University
4-17-1, Wakasato, Nagano-shi 380-8553

図 1 景観サンプル

Fig. 1. Landscape sample.

景観 7：交通流(道路)，景観 8：住宅街

実際に実験に使用したサンプルの静止画像を図 1 に，その単な説明を表 1 に示した。海の景観はどの地域でも見られるというものではないが，我々に馴染み深い景観の 1 つとして採り挙げた。人ごみや交通流を景観の範疇に入れることが妥当であるか否かは議論の分れるところではあるが，市街地の各所で遭遇する光景ではあるので，本研究ではあえて基本的景観の中に入れて考えてみることにした。花と緑(樹木)は花壇や街路樹として広く各地域の修景要素となっているし，ビル群と住宅街も各地域で共通的に見られる景観である。せせらぎは，都市再生計画の一環として例えば暗渠となった街中の用水路や小河川を親水空間として甦らせるといった事などを想定して採り挙げた景観である。

〈2・3〉 音環境サンプル 我々の日常を取り巻く音環境は複雑で多様なものであるが，ここでは基礎的な実験研

表 1 景観サンプルの説明

Table 1. Description of landscape samples.

Landscape1 (Sea)	The seashore at the Minami-chita bathing place in Aichi prefecture. The sea is calm, with low wave rolling in across the beach. The beach extends from the right foreground to the left background in the picture. The rocks on the right are several tens centimeter tall, providing a kind of accent to the landscape. Neither people nor boat is seen on the shore. The brightness of the picture is moderate with no strong light reflecting from the sea surface.
Landscape2 (Bldgs.)	The east of Nagoya station. The buildings line from the left foreground to the right background in the picture. They are somewhat old with no flashy signboard on the wall. At the bottom of the picture slightly seen is the road with heavy traffic. The brightness of the picture is moderate.
Landscape3 (Crowds)	The east entrance of the Nagoya station. Almost all passengers walk from the right foreground to the left background, with only several high-school students standing in the foreground. The walking speed seems rather high. The facial expression of the people can be caught when getting into the foreground. The picture is sufficiently bright though taken at inside of the station building because the subject spot is close to the entrance.
Landscape4 (Trees)	The trees in the Wakasato park in Nagano. The branches and leaves are present at every corner of the picture since it is taken by the video-camera directed slightly upward. The leaves sway about gently now and then in the breeze. The picture is bright.
Landscape5 (Flowers)	The floral garden in Obuse, Nagano prefecture. The picture is filled with red or pinkish flowers which do not sway at all due to no wind. The brightness of the picture is sufficiently high.
Landscape6 (Streamlet)	The irrigation channel running through a paddy field. The channel is located in the midst of the picture, extending straight from the top to the bottom. The concrete frame of the channel can hardly be seen since weeds grow on both side on the channel, partly covering the water surface. Weeds keep swaying in the breeze. In the foreground of the picture seen is the stone around 15cm wide. The picture is bright enough.
Landscape7 (Vehicular traffic flow)	A stretch of the 4-lane national road in Nagano. The traffic is considerably heavy on either side of the road. Large trucks are seen rather often.
Landscape8 (Residential area)	The quiet street in the residential district in Nagano. The 3m wide road extends from the foreground to the background with low wall stretching on either side. The tree leaves grow over the wall. No vehicle is seen. Though the right foreground is slightly dark, the remaining parts are sufficiently bright.

究を行うという観点で，複合音は考えないで次のような 8 つの単独音環境を対象とすることにした。

音環境 1：雑踏音，音環境 2：虫の声，
音環境 3：交通音(車)，音環境 4：木の葉ずれ，
音環境 5：波の音，音環境 6：せせらぎの水流音，
音環境 7：鳥の声，音環境 8：非可聴高周波音

実験に使用した実際のサンプルの説明を表 2 に示した。雑踏音と自動車の交通音は街中では極普通の音環境であり，地域の基本的音環境としては外すことはできないものと判断した。虫の声と鳥の声は季節性を伴うものではあるが，住宅街等では身近な音環境の構成要素であるので実験対象として採り挙げた。木の葉ずれの音は風という自然現象を音環境に変換するものとして位置づけた。波の音は海辺の地域では極めて基本的な音環境になるし，せせらぎの水流音も前節の景観サンプルのところで述べたような街中の親水空間整備によって必然的に現出するサウンドスケープになると判断した。最後に高周波音であるが，まず人間の可聴周波数は 20 Hz～20 kHz の範囲にある。このうち 20 Hz 以下の音は超低周波音として公害との関連でよく問題にされている。しかし，20 kHz を超える高周波数音については，

表 2 音環境サンプルの説明

Table 2. Description of sound samples.

Sound1 (Hum of voices)	Conversation among several persons approaches with the sound of footsteps and then goes away repeatedly. The conversational import cannot be clearly caught with only some pieces of words being heard distinctly at times.
Sound2 (Insect chirpings)	Crickets of several kinds and katydids chirp in chorus in the first half of the period. Then katydids' chirpings become conspicuous toward the latter half.
Sound3 (Traffic noise)	The traffic noise recorded at the national road in Nagano during the rush hour in the morning. Noise rising from vehicle engine, from tire rolling on the road surface and from car body shearing in the air can be heard coming close by and leaving in succession.
Sound4 (Rustling sound of leaves)	The rustling sound of leaves become high and low, lasting for short or rather long period of time repeatedly.
Sound5 (Wave sound)	The sound was recorded in the seashore in Uozu harbor. The dash of the waves on the tetrapods placed in the beach can be heard very clearly while the weak wind sound can be recognized at times.
Sound6 (Stream murmuring sound)	The stream murmuring sound recorded at a streamlet with enough water running.
Sound7 (Bird chirpings)	The chirping of a blue and white flycatcher sounds loudly, with chirpings of other birds such as great tits and coal tits sounding from afar or near by in turn.
Sound8 (Supersonic)	The inaudible supersonic of 40kHz provided by the oscillator.

たとえば街中の信号交差点流入部の大半にいわゆる超音波式車両探知機が設置されているというように、工業や医学などさまざまな分野で広汎な応用が進んでいるにも拘らずその人間の心理的影響に関する研究は殆んどなされておらず、音楽における音質に非可聴領域の高周波音が関係することも脳波並びに脳血流の側面から分析している研究例⁽⁸⁾があるのみである。

(2・4) 実験方法

(1) 景観刺激の与え方

景観映像は約 40 秒間の動画としてパソコン上に再生し、被験者には眼鏡式頭部装着用ディスプレイを通して見てもらうようにした。被験者の見た感じでは画面は 52 型の大画面になり、その臨場感はかなり高いものとなる。景観単独実験、音環境単独実験及び複合実験の実験環境を統一するため MD 再生音を聞かせるイヤホンを装置して行うようにした。言うまでもなく景観単独実験時には MD からの音は再生していないし、実験室の環境は人のいない夜間や休日など静かな時間帯を選ぶことで無音状態に近い条件を整えるようにした。

景観刺激を与えている間は被験者の脳波測定も同時に行うことから、筋電図の混入を防ぐために実験中に会話をしたり歯を食いしばったり、余計な運動はしないように各被験者に事前に注意を与えた。また、景観単独実験後に簡単なアンケートを行い、それぞれの景観が「好き」、「普通」、「嫌い」のどれに当てはまるか答えてもらった。

(2) 音環境刺激の与え方

音環境のうち直接録音したサンプル(音環境 3～音環境 5)については MD という媒体を使っているのに対し、音環境 1, 2 及び音環境 6, 7 は市販の CD 媒体のものを使った。し

図 2 電極位置

Fig. 2. Electrode position.

図 3 BBU を装着した被験者

Fig. 3. A subject wearing BBU.

たがって、音源の条件を同じにすることと作業効率の向上のために、CD からの再生音は MD に移し変えた。再生音はイヤホンによって被験者に聞いてもらうようにしたが、上で述べたが実験環境を揃えるために眼鏡式ディスプレイは装着してもらい、音環境単独実験の場合は無映像の青色画面を見てもらうようにした。音圧レベルは 50 dB を基準にほぼ±10 dB の範囲で推移するよう調整した。これは音圧そのものの影響が支配的にならないように配慮した正規化の操作であるが、他方では自然性が損なわれるという問題点を有していることも明記しておく。なお、高周波音については表 2 に示したように発振器で 40 kHz の音波を生成している。また、景観の場合と同じように、刺激は約 40 秒間与えるようにし、音環境単独実験後には与えられた音刺激に対する選好度を聞いている。

(3) 脳波測定

本研究では Brain Builder Unit(能力開発研究所製、以下 BBU という)を使用して脳波の測定(サンプリング周期 1/100 秒)を行った。脳波センサーバンドを額上部に、イヤークリップを左耳に装着した状態で前頭葉からの脳波を測定するシステムである。具体的な電極の位置を国際脳波学会による電極装着法(10-20 法)との対応で示すと、図 2 に示したような位置(左右対称)であり、通常 F_p , F_p といった記号で表わされる箇所である。なお、本図は参考文献(5)の図を引用したものであるが、関係しない電極位置は削除してある。BBU のケーブルをパソコンのシリアルボード

に、センサーバンド接続コネクタを本体に接続する。脳波が実際に測定されているか否かは測定用の専用ソフトにより確認できるようになっている。図 3 に BBU 装着時の実験状況を写真で示しておく。なお眼鏡状のものはディスプレイである。

〈2・5〉 脳波データの分析方法 測定された脳波は上でも述べた専用ソフトを介して周波数領域での強度を表わすいわゆるパワースペクトルに変換する。概念図は図 4 のようになるが、 α 波は 8~13 Hz の周波数帯に位置する脳波である。図 5 は一被験者の景観刺激呈示時脳波スペクトル密度例である。 α 波の出現強度は該当周波数帯でのパワースペクトルの積分値で与えることとし、それを α 波のパワー値と呼ぶことにする。なお、瞬目や額の緊張によるノイズは主にシータ波やデルタ波に影響するものであるし、またそれを軽減する機能が専用ソフトに内蔵されている。

一方、脳波のゆらぎ指数については、まずゼロ交差法により脳波の点過程時系列を求め、これに対して高速フーリエ変換法を適用しスペクトル密度を計算する⁽¹⁾。次に、スペクトル密度を平滑化し、平滑されたスペクトル密度とゆらぎ周波数を両対数グラフにプロットする。そしてグラフから変曲周波数を求め、高低それぞれの周波数領域について直線回帰分析を行い、ゆらぎ指数(直線の傾き)を求める。このとき高周波領域における指数が -2 ならばゆらぎは単

図 4 周波数による脳波の分類

Fig. 4. Classification of brain wave via frequency.

図 5 脳波スペクトル密度の例

Fig. 5. A sample of the brain wave spectral density.

調であり、0 であれば乱雑な乱れ(白色ゆらぎ)があるということになる。もしその中間に位置する -1 であればいわゆる 1/f ゆらぎの状態が現出しているということである。 α 波のゆらぎについてはその快適性との関連が実験的に確かめられているが⁽⁴⁾⁽⁷⁾、原脳波のゆらぎについての性質は未だ調べられていない。

〈2・6〉 被験者 被験者は 50 人で属性は学生、年齢は 20~26 才の視聴覚正常者である。本来的には、多様な属性と年齢層が揃うのが望ましいが、実験にはかなりの時間の負担がかかることから、研究に理解と協力が得られ易い著者所属大学の学生のみを被験者としたものである。

3. 景観単独の評価

景観と音の相互作用という視点からすれば、それら 2 つを合わせた複合刺激下における実験結果が重きを成すことは言をまたないが、比較検討の対象として単独刺激の場合の結果についても述べておくことは重要である。ここではまず景観単独刺激の実験結果について示す。

被験者の脳波の α 波出現量の評価については、周波数スペクトル密度の該当周波数帯域(8~13 Hz)における積分値によって行うことを前章で述べたが、予備的検討の結果、 α 波のパワー値(=積分値)の絶対量は被験者によって極めて大きな差異があることが判明した。したがって、被験者それぞれについて 8 景観の平均パワー値で除して基準化したパワー値を最終的な分析に供することとした。

ゆらぎ指数についてはそうした基準化は必要ないが、結果的に言えば -1.0 近くの値を取ることはなく -2.0~-1.6 の範囲で分布していることが分かった。したがって、ここではする印象を 3 段階評価で聞いた結果の人数分布割合を図式化したものである。結果を見ると自然的環境が快適性に、人工的環境が不快性に働いたことが分かる。景観単独の場合、 α 波パワー値、ゆらぎ指数はともに同じ方向に変化している様子が見られるし(因みに相関係数は 0.917)、図 6 のグラフとの対比から両変数ともに値が大きくなる方向が快適性をより高める方向であると言える。

「緑」は α 波パワー値、ゆらぎ指数ともに高い快適性が示され、次いで「せせらぎ」、「花」の快適性が高い。快適と判断される「緑」の映像では、木の葉が風に揺らぎ特有のリズムを刻んでいる。「せせらぎ」の映像では、流量が豊富で水の流れる様子が確認でき、水路のまわりにあふれる草が風になびいている。これらに共通することは、映像の中に緑が多く確認でき、植物や水にゆるやかな動きがあるということである。また、図 7 に示したアンケート結果でもこの 2 つが好きな景観に挙げられていることから、人の感情並びに深層心理ともに快適な景観であると言える。

人工的景観とも言える「住宅街」が相対的には快適性が高くなっているのは、図 1 から分かるように生垣や庭木が道路両側に見えていることや「住宅街」という景観は普段から見慣れていてなんとなく被験者に安心感を与えることがその理由ではないかと思われる。ビル群や人ごみ、交通流

図 6 景観単独実験における α 波出現量、ゆらぎ指数

Fig. 6. α wave power spectrum and brain wave fluctuation index at landscape only stimulus test.

図 7 景観単独実験におけるアンケート結果

Fig. 7. Like and dislike rating at landscape only stimulus test.

といった自然的要素が一切ないような景観は、比較 8 景観の中で最も低い α 波パワー値及びゆらぎ指数を示しているが、これは図 7 のアンケート結果と照合しても妥当な結果といえる。

4. 音単独の評価

音環境刺激単独実験の結果についても景観単独の場合と同様な方法でまとめてみると図 8、図 9 のようになる。景観単独の場合と同じように、 α 波出現量とゆらぎ指数の変化の仕方は類似しており、相関係数を調べてみると 0.985 となっている。結果を見ると景観単独実験と同様に、自然的環境が快適性に逆に人工的環境が不快性に影響を与えていることが分かる。但し、音環境単独実験においては脳波による快適性とアンケートによる音環境の好みには若干のずれが見られた。

例えば、アンケートでは好きな音として高い評価を得ていた「虫の声」は脳波ではそれ程高い快適性を示していない。「虫の声」のサンプルは複数種類の虫が一斉に鳴いているものであるが、時折聞える高い鳴き声が耳に残るという意見もあり、そうした要素が微妙に影響したことも考えられる。また「木の葉ずれ」に関してはアンケートでは「普通」

図 8 音環境単独実験における α 波出現量、ゆらぎ指数

Fig. 8. α wave power spectrum and brain wave fluctuation index at sound only stimulus test.

図 9 音環境単独実験におけるアンケート結果

Fig. 9. Like and dislike rating at sound only stimulus test.

と答えた被験者が多いが、脳波的には鳥の声とともに最も高い評価となっている。被験者に「木の葉ずれ」と伝えずに聞いてもらおうとその音を「木の葉ずれ」と認識した被験者は少なかった。しかし、木の葉のこすれる音が音圧レベルの強弱をつけ、ある種のゆらぎを持ったリズムを感じさせていて、これが快適性に繋がったのではないと思われる。「高周波」は被験者には何の音も聞えないためアンケートでは普通という答えが多いが、脳波的には最低ランクの評価となっている。

こうしたことから、人間の言葉による評価と深層心理的な評価(ここでは脳波の評価)の間には若干のずれがあることが窺われる。「鳥の声」や「せせらぎ」の快適性は高くアンケート結果との整合性も保たれている。これに対し人工音の「雑踏」、「交通音」は不快な音と判断されているが、一般に騒音とされる「交通音」は α 波出現量、ゆらぎ指数及びアンケートいずれの基準によっても「雑踏」よりも不快性が高く、好ましくない都市環境の一因になっていると考えられる。

5. 景観と音の複合環境の評価

景観と音環境を組み合わせられて被験者に与え、その都度脳波特性を調べた結果であるが、景観も音環境ともに 8 種

類あることから全部で 64 組存在することになる。これらすべての結果を示すことは却って煩瑣となってしまうので α 波出現量およびゆらぎ指数を基準とした良好複合環境と劣悪複合環境それぞれ 10 組を選び出してまとめるようにした(表 3, 表 4)。

〈5・1〉 α 波出現量を基準とした良好組み合わせ まず表 3 の良好組み合わせであるが、全体的に見て自然的景観と自然的音環境の組み合わせが多い。 α 波出現量を基準とした場合、景観としては「花」、「海」、「人ごみ」、「緑」の 4 種類が挙がっており、これに「せせらぎ」、「鳥の声」、「木の葉」、「雑踏」、「波」、「虫の声」という音環境を付加したものが高い快適性をもたらしことが示されている。その他の注目される点を図 6, 図 8 を参照にしつつ以下に列举する。

(1) 「花」は景観単独実験では上位から 3 番目、「せせらぎ」も音環境単独実験では 3 番目の評価であったにも拘らず両者の組み合わせが最も良いという結果が出ている。

(2) 「海」は景観単独実験では 5 位の評価に過ぎないが、木の葉ずれやせせらぎの流水音をはじめとする自然音との組み合わせにより相乗効果が生成されると思われる。表 3 に掲げた上位 10 中、半分の 5 組み合わせに景観の「海」が入っていることが証左である。

(3) 雑踏音は音環境単独実験では下位から 3 番目であるが、「海」との組み合わせは上位 5 位にランクされている。この理由ははっきりしないが、「海」という解放的ではあるが寂寥たる景観に音を介した人の気配を付与することで、伸びやかで居心地のいい環境が現出したのではないかと考えられる。

(4) 景観単独実験で下位から 3 位の「人ごみ」はせせらぎの流水音との相性がよく、上位 10 の 7 位に入ってきている。人工的構造物の中の「人ごみ」景観はもとより猥雑ながらも賑わしく孤独を感じさせない視覚刺激であるが、これに人工水路等の想起を通して一応の現実感がある「せせらぎの流水音」が加わることで景観のプラス効果が顕在化した結果ではないかと推測される。

(5) 「緑」は景観単独で 1 位、「木の葉」は音環境単独で 2 位という高位に位置しているし、両者の組み合わせは極めて自然であるが、実際にはようやく 9 位に顔を出している。

(6) 景観単独の 1 位である「緑」と音環境単独の 1 位である「鳥の声」の組み合わせは上位 10 の中には入っていない。

〈5・2〉 ゆらぎ指数を基準とした良好組み合わせ α 波出現量を基準とした場合と同様に自然的景観と自然的音環境を組み合わせたものが多いが、例外的に「住宅街」という人工的景観の組み合わせも見られる。以下に表 3 及び図 6, 図 8 から読み取れることをまとめることとする。

(1) 単独景観 1 位の「緑」が上位 5 組み合わせ中 4 つに現れている。

(2) 音環境単独では「せせらぎ」が 3 位、「木の葉」が 2 位であるが、景観「緑」との組み合わせでは「緑」+「せせらぎ」が 1 位、「緑」+「木の葉」が 2 位となり順位は

表 3 脳波特性を基準とした複合環境上位 10

Table 3. Ten best combinations of landscape and sound determined via brain wave properties.

rank	1	2	3	4	5
α wave power spectrum	「flowers」+ 「stream murmuring sound」 (1.3607)	「flowers」+ 「bird chirpings」 (1.3395)	「sea」+ 「rustling sound of leaves」 (1.3201)	「sea」+ 「stream murmuring sound」 (1.2447)	「sea」+ 「hum of voices」 (1.2427)
fluctuation index	「trees」+ 「stream murmuring sound」 (-1.6410)	「trees」+ 「rustling sound of leaves」 (-1.6425)	「streamlet」+ 「insect chirpings」 (-1.6474)	「trees」+ 「insect chirpings」 (-1.6486)	「trees」+ 「bird chirpings」 (-1.6501)
rank	6	7	8	9	10
α wave power spectrum	「sea」+ 「wave sound」 (1.2269)	「crowds」+ 「stream murmuring sound」 (1.1878)	「sea」+ 「bird chirpings」 (1.1469)	「trees」+ 「rustling sound of leaves」 (1.1441)	「flowers」+ 「insect chirpings」 (1.1438)
fluctuation index	「residential area」+ 「bird chirpings」 (-1.6507)	「streamlet」+ 「stream murmuring sound」 (-1.6510)	「flowers」+ 「stream murmuring sound」 (-1.6520)	「streamlet」+ 「bird chirping」 (-1.6529)	「residential area」+ 「stream murmuring sound」 (-1.6536)

Note: The upper(lower) entry in each column indicates landscape(sound) sample. The figure in each parenthesis means α wave power spectrum or fluctuation index.

表 4 脳波特性を基準とした複合環境下位 10

Table 4. Ten worst combinations of landscape and sound determined via brain wave properties.

rank	1	2	3	4	5
α wave power spectrum	「bldgs」+ 「supersonic」 (0.7096)	「bldgs」+ 「insect chirpings」 (0.7405)	「crowds」+ 「supersonic」 (0.7605)	「bldgs」+ 「traffic noise」 (0.7713)	「crowds」+ 「hum of voices」 (0.7870)
fluctuation index	「crowds」+ 「traffic noise」 (-1.8638)	「crowds」+ 「supersonic」 (-1.8438)	「vehicular traffic flow」+ 「hum of voices」 (-1.8310)	「crowds」+ 「hum of voices」 (-1.8280)	「bldgs」+ 「traffic noise」 (-1.8273)
rank	6	7	8	9	10
α wave power spectrum	「bldgs」+ 「stream murmuring sound」 (0.7892)	「bldgs」+ 「wave sound」 (0.8235)	「bldgs」+ 「hum of voices」 (0.8247)	「vehicular traffic flow」+ 「supersonic」 (0.8314)	「residential area」+ 「hum of voices」 (0.8343)
fluctuation index	「vehicular traffic flow」+ 「traffic noise」 (-1.8233)	「bldgs」+ 「supersonic」 (-1.8219)	「bldgs」+ 「hum of voices」 (-1.8176)	「sea」+ 「supersonic」 (-1.8122)	「vehicular traffic flow」+ 「supersonic」 (-1.8064)

Note: The upper(lower) entry in each column indicates landscape(sound) sample. The figure in each parenthesis means α wave power spectrum or fluctuation index.

逆転する。

(3) 同様なことが「緑」+「虫の声」と「緑」+「鳥の声」の組み合わせや「せせらぎ」+「せせらぎ」と「せせらぎ」+「鳥の声」の組み合わせでも起こっている。

(4) 単独実験で共に 1 位である景観と音環境の組み合わせ「緑」+「鳥の声」は 5 位にランクされている。

(5) 「住宅街」という人工的景観は景観単独では 4 位であるが、音環境単独で 1 位である「鳥の声」や 3 位の「せせらぎ」と組み合わせることで複合環境の 6 位と 10 位に現われている。

(6) α 波出現量を基準とした場合に 1 位であった「花」+「せせらぎ」は 8 位にランクされているが、逆に α 波出現量で 9 位の「緑」+「木の葉」の組み合わせは 2 位に浮上してきている。

(7) α 波出現量を基準とした場合に、頻出した景観の「海」は

上位 10 位には顔を出していない。

- (8) α 波出現量を基準とした場合と同一複合環境は 2 位の「緑」+「木の葉」の組み合わせのみである。

〈5・3〉 α 波出現量を基準とした劣悪組み合わせ 表 4 を全体的に見て人工的景観と人工的音環境の組み合わせが多いことがわかるが、景観では「ビル」、音環境では「高周波」と「雑踏」の出現頻度が高い。図 6、図 8 も合わせ考えて注目すべき点を挙げると、

- (1) 景観単独で最低位である「交通流」が 1 回しか劣悪組み合わせ 10 組の中に出ていないのに対し、景観単独で低位から 2 番目の「ビル」は実に 6 回も現れている。
- (2) 音環境単独では上位から 3 位、4 位の「せせらぎ」と「波」が景観の「ビル」と組み合わせることで複合環境下位 10 の 6 位と 7 位に入ってきている。
- (3) 「虫の声」は音単独では「交通音」に比べて α 波出現量は多いが「ビル」との組み合わせでは前者が 2 位、後者が 4 位となっている。同様に、「雑踏」は音環境単独では自然的音環境である「虫の声」や「せせらぎ」、「波」に比べて低位に評価されているが、景観の「ビル」との組み合わせでは 8 位となって、2 位、6 位、7 位といったそれら自然的音環境と「ビル」との複合環境に比べて劣悪さの程度は低い。人工的な「ビル」との相性という点では自然音の方が人工音に比べ劣っているという見方もできよう。
- (4) 高周波音は耳には聞こえないのであるが、音環境単独で最低位の評価であったのを引きずる形で下位 10 に 3 回現われている。

〈5・4〉 ゆらぎ指数を基準とした劣悪組み合わせ α 波出現量を基準とした場合に比べて顕著な相違は音環境の中に自然音が全く入って来ないという点である。以下、表 4、図 6、図 8 から抽出される事項を記す。

- (1) 9 位の景観に「海」が現われているが、それ以外は景観も音環境もすべて人工的なものである。
- (2) 組み合わせに含まれる景観と音環境は単独評価でも低位のものばかりであり、その点では整合性のある結果となっている。
- (3) 表 3 の上位 10 とは異なり、 α 波出現量を基準とした場合と同一の組み合わせが何組もある。すなわち、「人ごみ」+「高周波」の組み合わせ(ゆらぎ: 2 位, α 波: 3 位), 「人ごみ」+「雑踏」の組み合わせ(ゆらぎ: 4 位, α 波: 5 位), 「ビル」+「交通音」の組み合わせ(ゆらぎ: 5 位, α 波: 4 位), 「ビル」+「高周波」の組み合わせ(ゆらぎ: 7 位, α 波: 1 位), 「ビル」+「雑踏」の組み合わせ(ゆらぎ: 8 位, α 波: 8 位)および「交通流」+「高周波」の組み合わせ(ゆらぎ: 10 位, α 波: 9 位)の 6 組である。

〈5・5〉 まとめ 以上、2 つの脳波特性をもとに景観と音環境を組み合わせた複合環境の評価を良好組み合わせと劣悪組み合わせに分けて行った。ここでは被験者が 50 人であったことから平均値を期待値と考えて、各組み合わせの中での順位を表面に出して説明したが、本来的には順位

に拘泥せず良好組み合わせと劣悪組み合わせを 1 つのまとまりのグループとして評価の方がより妥当であるかもしれない。以下ではそうした視点から結果をまとめてみる。

- (1) 良好複合環境は景観、音環境ともに自然的環境の組み合わせであるケースが圧倒的に多く、逆に劣悪複合環境は人工的環境の組み合わせが殆どである。
- (2) ゆらぎ指数を基準とすると、良好複合環境は単独でも上位の評価がなされている景観と音環境の組み合わせが殆どであるし、劣悪複合環境は単独で低位評価を受けている景観と音環境から構成されている。 α 波ゆらぎ指数についてはその快適性との関連が既に調べられているが、本研究の結果からすれば原脳波のゆらぎ指数も十分に快適性評価指標として利用できると言える。
- (3) これに対して、 α 波出現量を基準とした評価では、良好複合環境を構成する景観に単独評価で低位の「海」や「人ごみ」が現れたり、音環境に「雑踏」や「虫の声」といった単独評価の低いものが入ってくるし、逆に劣悪複合環境の構成要素に単独評価で上位の「せせらぎ」や「波」といった音環境が含まれるという状況がある。
- (4) 高周波音は単独評価でも最も劣位の評価であったが、劣悪複合環境の中にも頻度高く現れており、したがって心理的に何らかの悪影響を及ぼしている可能性が考えられる。

こうした結果の地域づくりへの応用としては、表 3 をもとに例えば「海岸沿いの地域では街路樹や公園の植樹を充実させ、小鳥の飛来を促すとともに、小川や用水はできるだけ暗渠などにせず流水音が聞こえるようにする。また、親水空間や商機能の展開を図り人通りを多くする。」といった提案等が可能かもしれないが、本研究では景観・音要素も被験者の属性も限定された範囲でしかなく、研究は基礎的な段階に止まっている。内容の充実を図った上での将来展望の中で、実務的地域整備方針の提案を志向したい。

6. むすび

本研究では地域における基礎的な景観と音環境を採り挙げ脳波特性を介した相互作用の評価を行った。しかしながら、実際の地域環境はいろいろな要素が錯綜している場合が多い。したがって、今後さらに多くの景観(複合景観を含む)と音環境(複合音環境を含む)について実験・検証し、現実 に即した形での地域づくり指針を構築できるよう研究展開を図ってゆく必要がある。

(平成 16 年 1 月 5 日受付, 平成 16 年 5 月 17 日再受付)

文 献

- (1) T. Yoshida: "Measurement of EEG frequency-fluctuation and evaluation of comfortableness", *J. Acoustical Science and Technology, ASJ*, Vol.46, No.11, pp.914-919 (1990-11) (in Japanese)
吉田倫幸: 「脳波のゆらぎ計測と快適評価」, 日本音響学誌, 46, 11, pp.914-919 (1990-11)
- (2) K. Sato: "Effect of windows, plants and paintings in a room on brain wave and others", *J. Archit. Plann. Environ. Eng., AIJ*, No.461, pp.87-95 (1994)

(in Japanese)

佐藤仁人：「室内の窓や植栽・絵画が脳波等に及ぼす影響」，日本建築学会計画系論文集，No.461，pp.87-95 (1994)

- (3) I. Okutani et al : “Results of fundamental experiment on sound evaluation using brain wave”, Proc. of the 11th conference of Shinshu branch of SICE, pp.9-12 (1998) (in Japanese)

奥谷 巖・高瀬達夫・鄭時東：「音の脳波的評価に関する基礎的実験結果について」，第 11 回信州地区自動計測制御研究講演会論文集，pp.9-12 (1998)

- (4) H. Nishina et al : “Analysis of amenity effect of plants and fragrance on human physiology and psychology by means of brain waves and semantic differential technique”, J. Archit. Plann. Environ. Eng., AIJ, No.509, pp.71-75 (1998) (in Japanese)

仁科弘重・中本有美：「観葉植物，花，香りが人間に及ぼす生理・心理的効果の脳波および SD 法による解析」，日本建築学会計画系論文集，No.509，pp.71-75 (1998)

- (5) 大熊輝雄：臨床脳波学，医学書院 (1990)
 (6) 石山陽事：脳波と夢，コロナ社 (1994)
 (7) 武者利光：ゆらぎの世界，講談社 (1990)
 (8) T.Oohashi et al. : “Inaudible high-frequency sounds affect brain activity: hypersonic effect”, J Neurophysiol Vol.83, pp.3548-3558 (2000)

奥 谷 巖

(正員) 1942 年 6 月 30 日生。1967 年京都大学大学院修士課程修了。同年同大学工学部助手，現在，信州大学工学部社会開発工学科教授。工学博士。交通管制の信頼性分析，事故の自動検知方法，各種交通変量の予測，リモートセンシング，景観分析などの研究に従事。計測自動制御学会，システム制御情報学会，都市計画学会，建築学会，土木学会会員。

高 瀬 達 夫

(非会員) 1968 年 5 月 20 日生。1995 年名古屋大学大学院博士前期課程修了。1996 年信州大学工学部助手，現在に至る。交通行動分析，景観分析などの研究に従事。土木学会，都市計画学会，建築学会会員，Asia Electric Vehicle Society 会員。