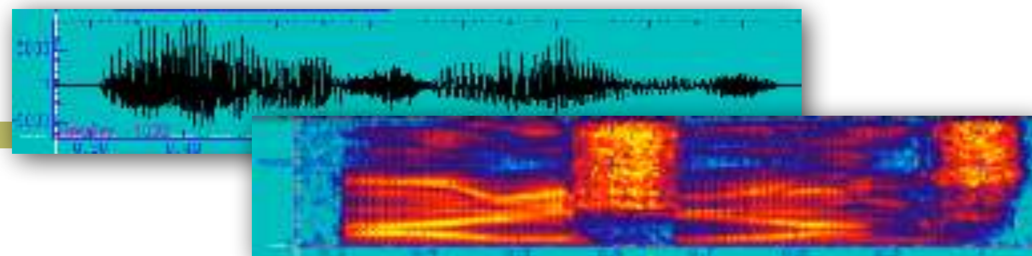
人文社会系研究科基礎文化研究専攻言語学専門分野

音響音声学

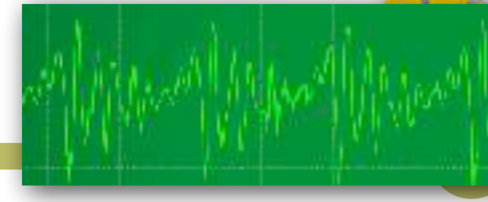
(Topics in Acoustic Phonetics)



峯松 信明

工学系研究科電気系工学専攻

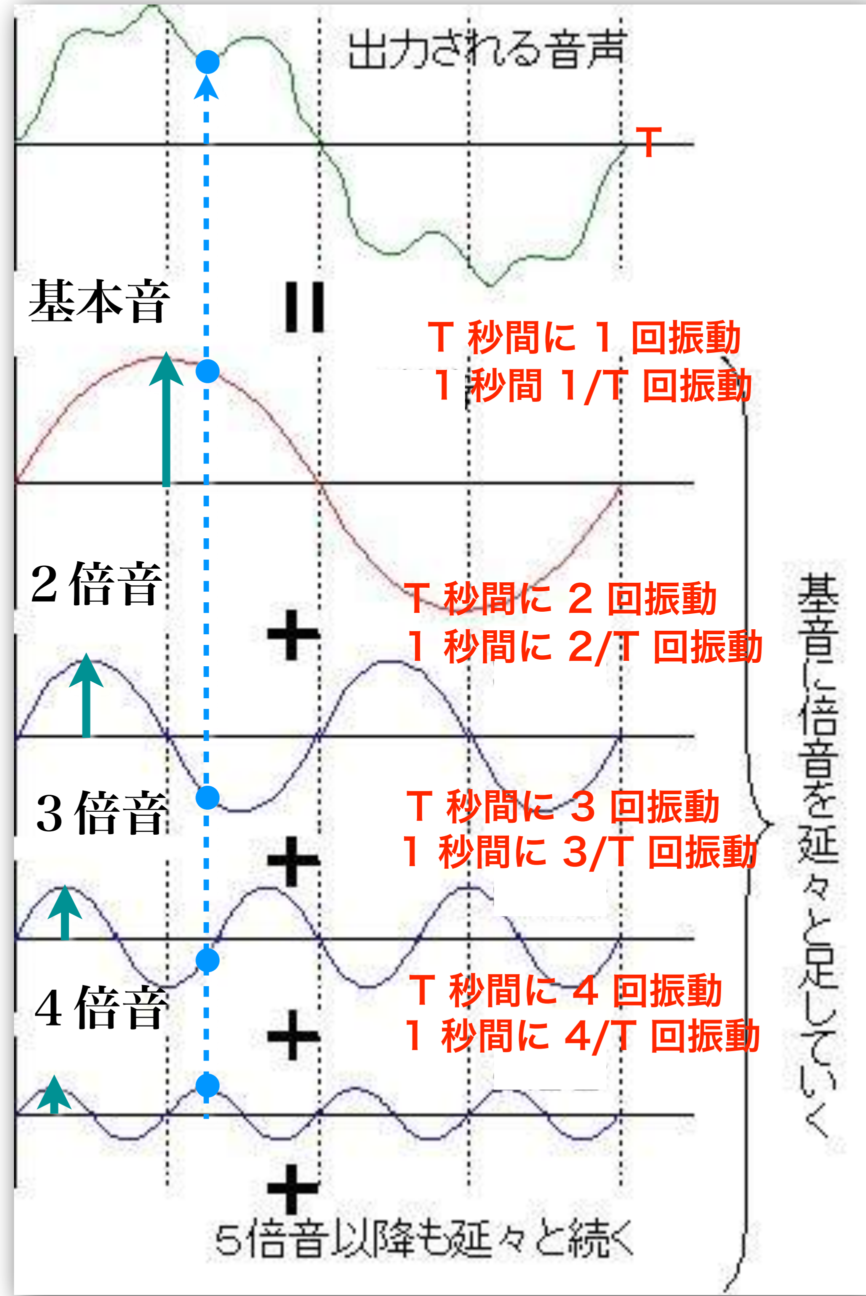
波形を分解する!!



基本音とその倍音の足合わせ

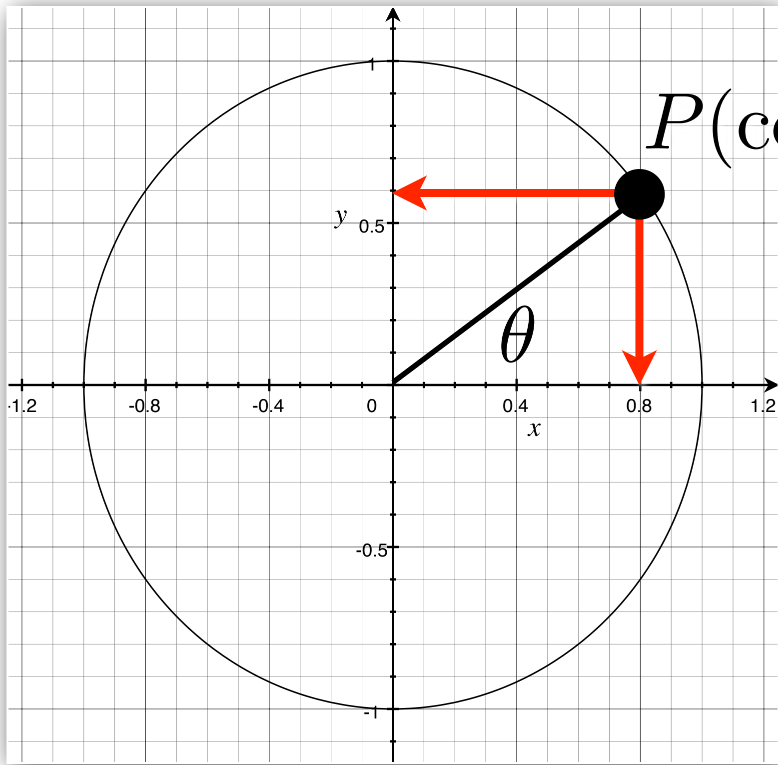
- 波＝基本音＋２倍音＋３倍音＋・
  - n倍音：n倍の周波数のサイン波形
  - 周波数：振動回数／秒 [Hz]
- 波＝これらを適切な強さにして足しあわせた結果
  - どの周波数のサイン波は強く，どの周波数のサイン波は弱いのか？
  - 横軸を周波数，縦軸を強度としてグラフを書く → **スペクトル**
    - 通知表だってスペクトル !?

1/T [Hz]



まずは単位円と $\sin\theta, \cos\theta$ の関係

単位円上の点をx軸，y軸に射影する

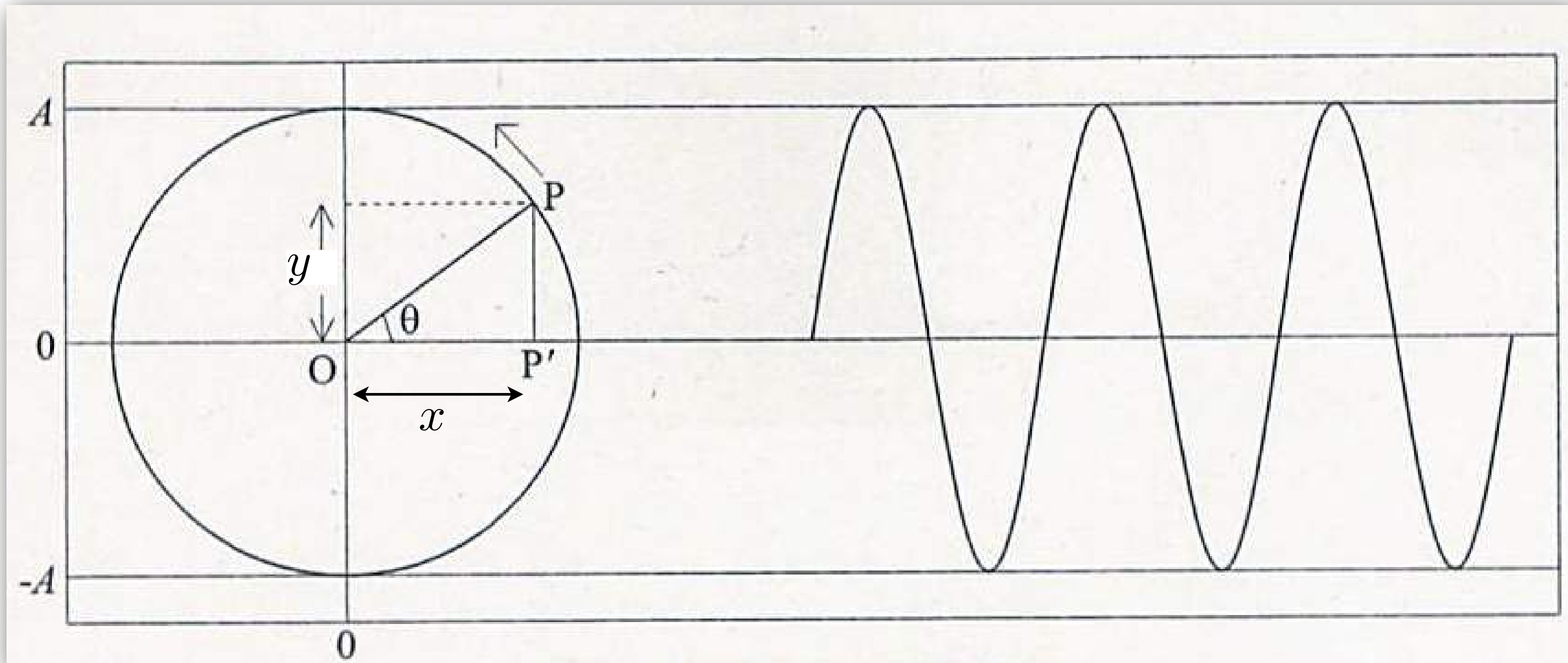


$$\theta = \omega t + \theta_0$$

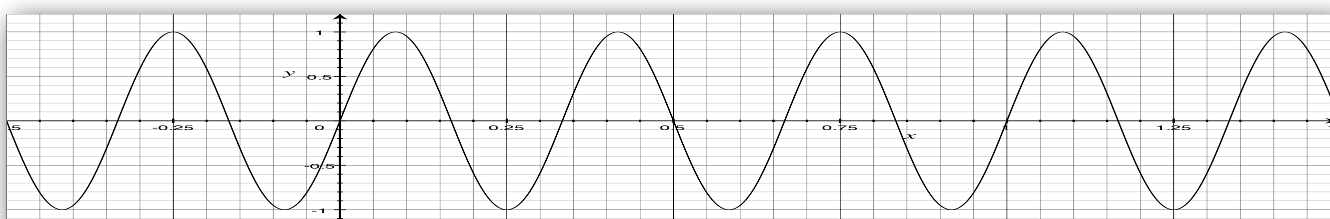
- $\theta = \omega t + \theta_0$ と θ を動かしてみる。θ の単位は [rad]
  - $P(x, y) = P(\cos\theta, \sin\theta) = P(\cos\omega t, \sin\omega t)$
  - x軸への射影，y軸の射影がコサイン波，サイン波であることを確認
  - 1秒間で，ω [rad] だけ進む。ω ＝角速度
  - [rad]：角度の単位。その角度に対応する弧が半径の何倍なのか？

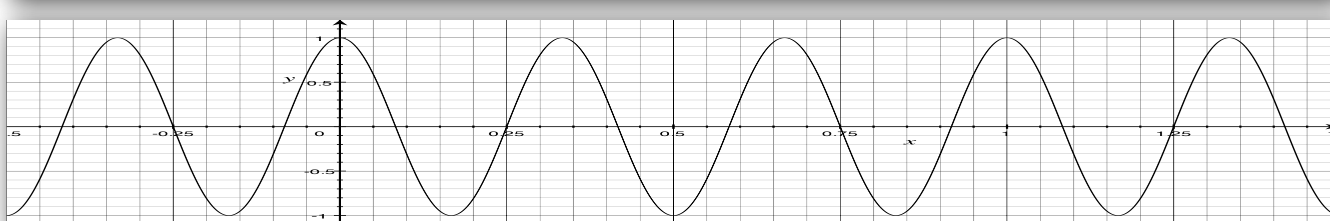
まずは単位円と $\sin\theta, \cos\theta$ の関係

- 単位円上の点をy軸，x軸に射影する



- いわゆる $\sin\omega t$ と $\cos\omega t$ 。射影すると円運動は振動に





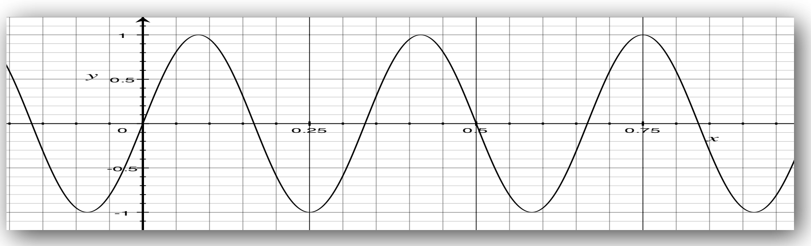
まずは単位円と $\sin\theta, \cos\theta$ の関係

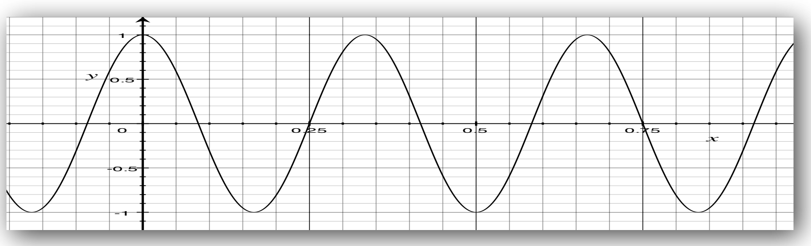
1秒間で何回振動するのか？

- 1秒間で, ω [rad] 進んだ。
- 一回転＝2π [rad]（これは一回振動に相当）
- なら，１秒間では, $\omega/2\pi$ 回振動することになる。
- つまり，$\omega/2\pi$ [Hz] の振動数（周波数）ということになる。

角速度 ω の円運動による振動の周波数 f とは？

- $f = \dfrac{\omega}{2\pi}, \quad \omega = 2\pi f$ （なお，周期 $T = \dfrac{1}{f} = \dfrac{2\pi}{\omega}$）
- ω を角周波数とも呼ぶ。
- $\theta = \omega t + \theta_0 = 2\pi f t + \theta_0$

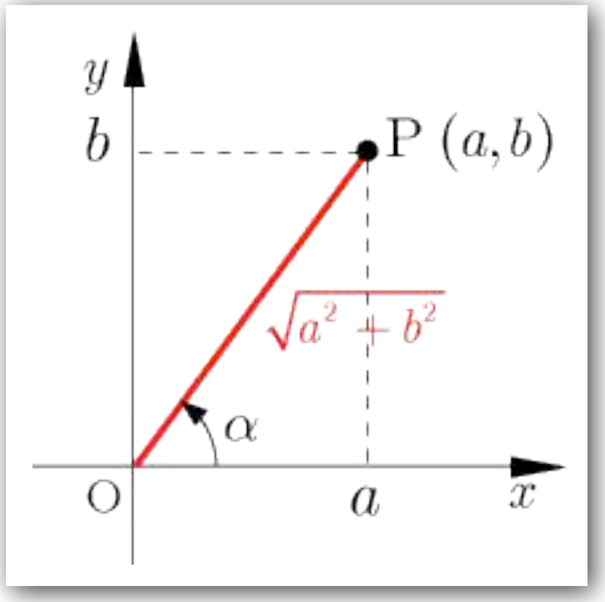


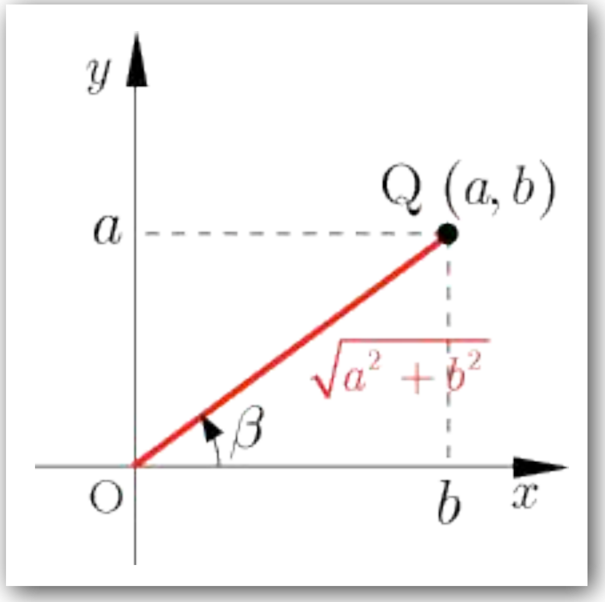


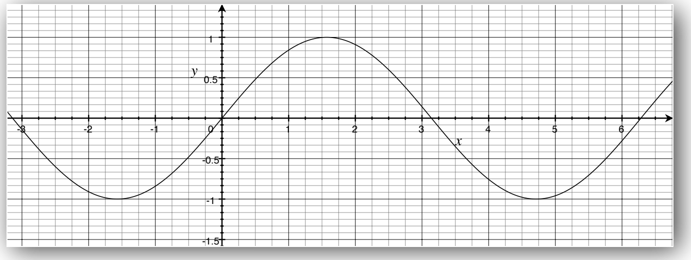
サインとコサインの合成公式

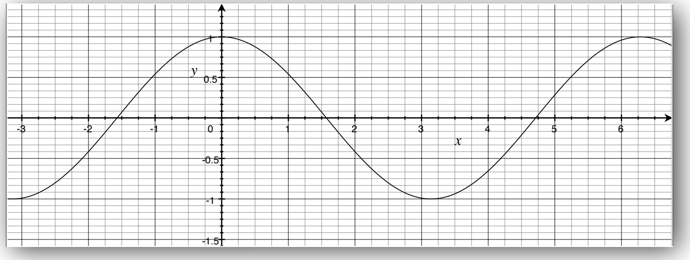
合成の公式

- サインもコサインも角度が同じ場合の和
- $a\sin\theta + b\cos\theta = \sqrt{a^2+b^2}\sin(\theta+\alpha)$
- $a\sin\theta + b\cos\theta = \sqrt{a^2+b^2}\cos(\theta-\beta)$
- どちらも振幅は $\sqrt{a^2+b^2}$
- 角度のことを位相とも言う。
- サインとコサインは位相が違うだけ。
  - $\sin(\theta) = \cos(\theta - \pi/2)$
  - $\cos(\theta) = \sin(\theta + \pi/2)$









フーリエ級数とフーリエ変換

フーリエ級数展開

- 周期的な波形をサイン，コサインの奇麗な波形に分解します。
- $f(t) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \{a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)\}$

複素フーリエ級数展開

- フーリエ級数展開をオイラーの公式を使って複素数版にします。
- $f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n e^{in\omega t}$

（複素）フーリエ変換

- 任意の波形に対する分解を試みます。
- $f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{i\omega t} d\omega$

（複素）短時間フーリエ変換

- 時間的に性質が移り変わる波形に対するフーリエ変換です。
- $f(t) \to f(t)w(t - t_0)$

フーリエ級数の例

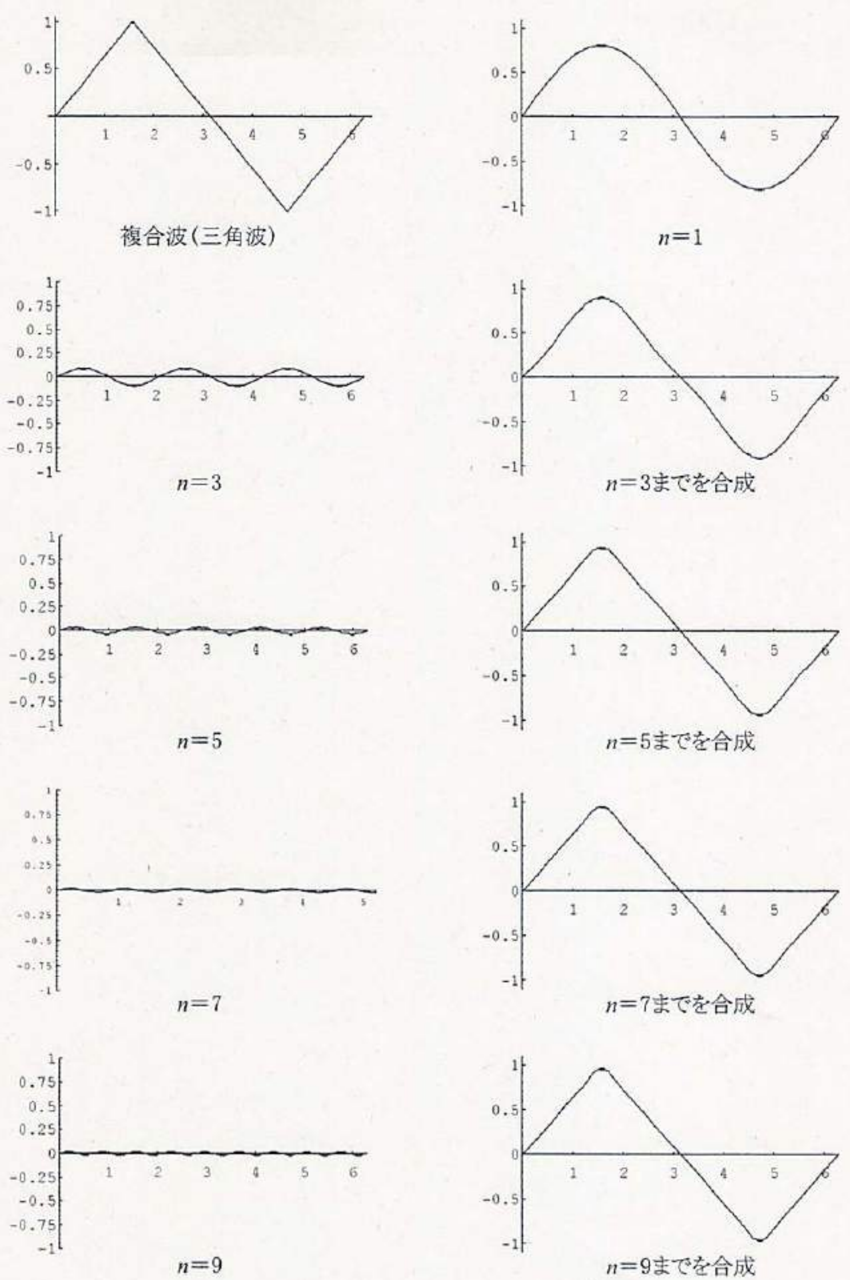


図3-10 純音による三角波の合成。

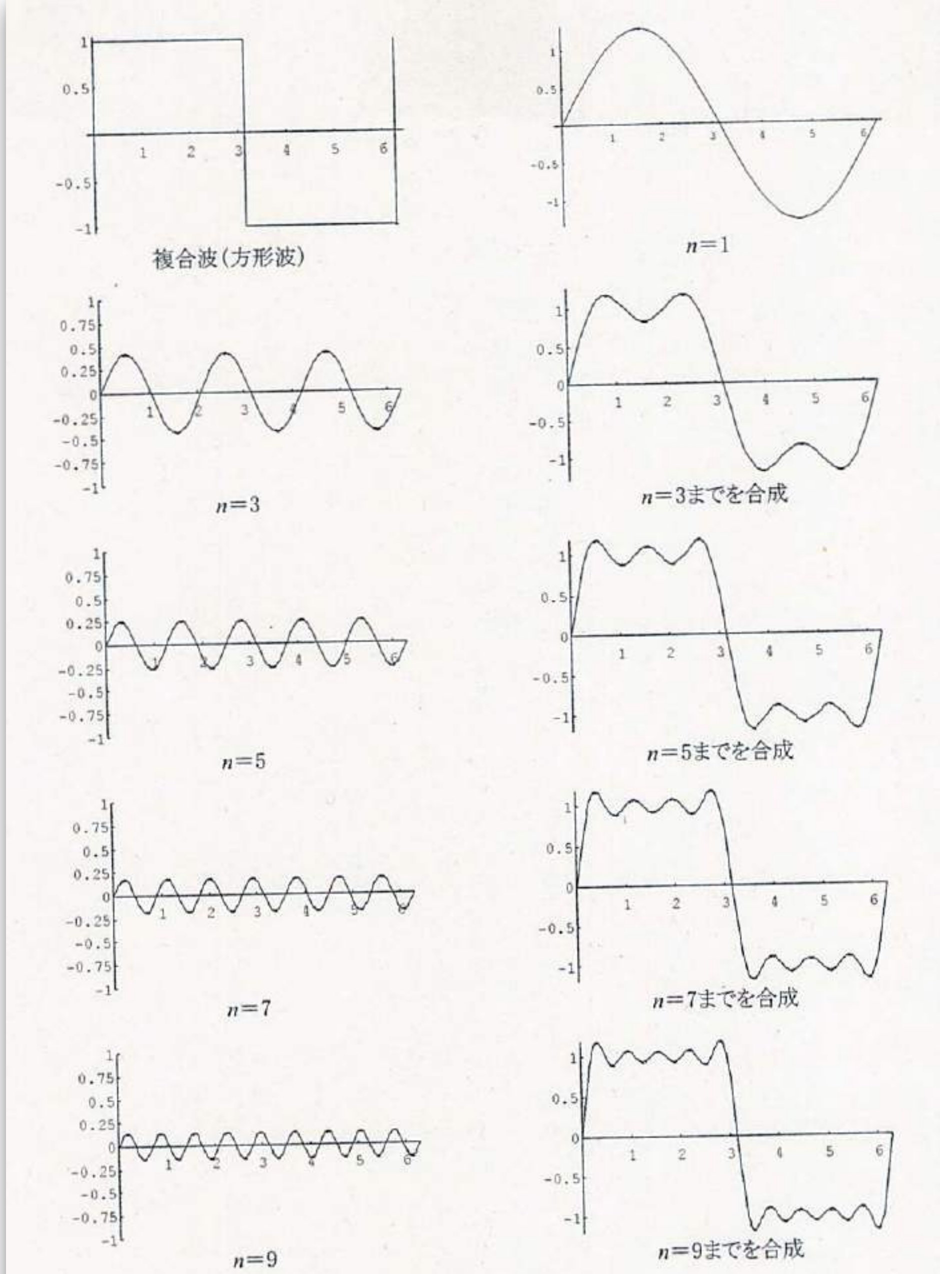


図3-9 純音による方形波の合成。

窓関数とスペクトル漏れ

窓かけ後の純音のスペクトル

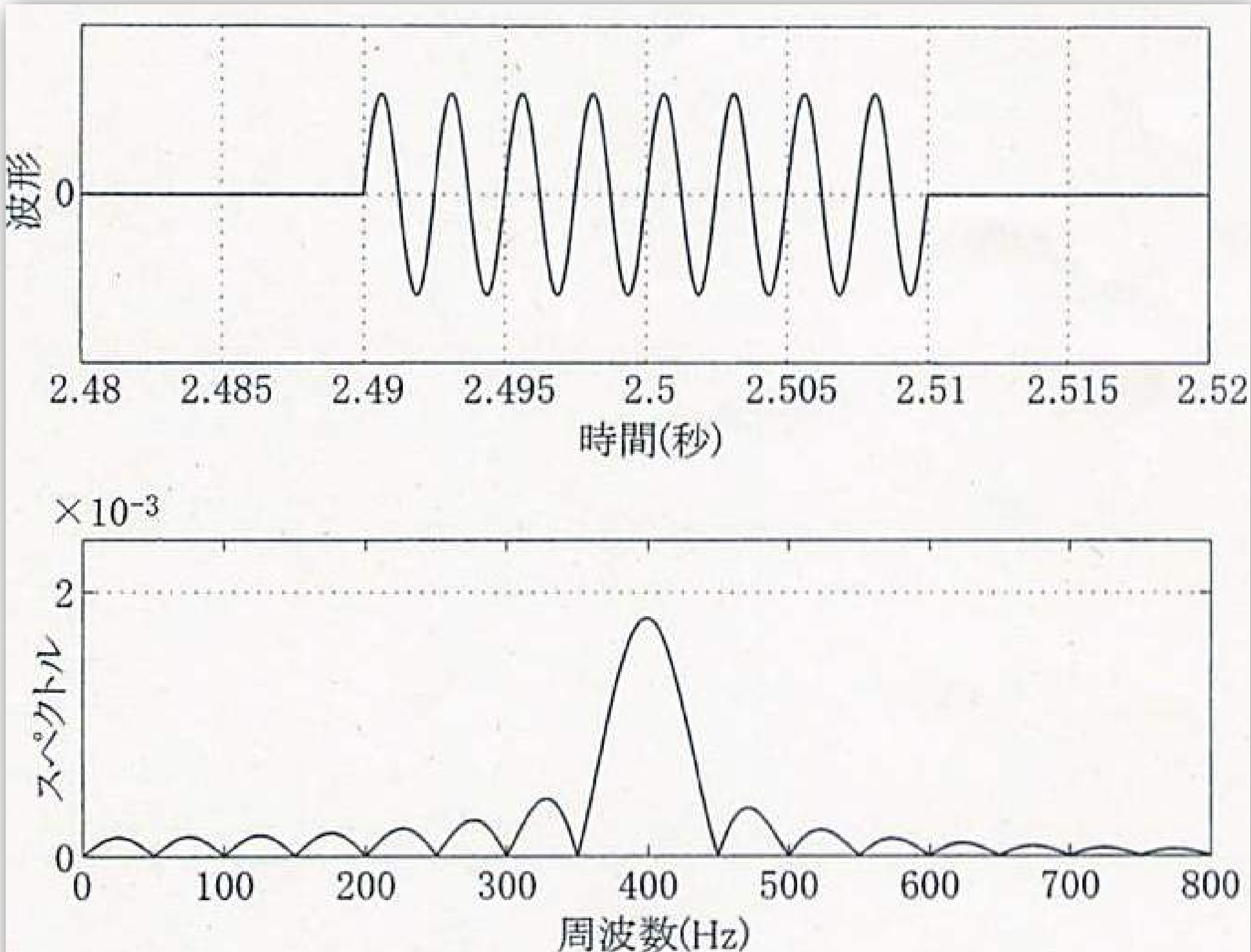


図3-12 短音の波形とスペクトル。あとに説明する方形窓によってフーリエ変換したものである。

窓関数とスペクトル漏れ

窓かけ後の周期的複合音のスペクトル

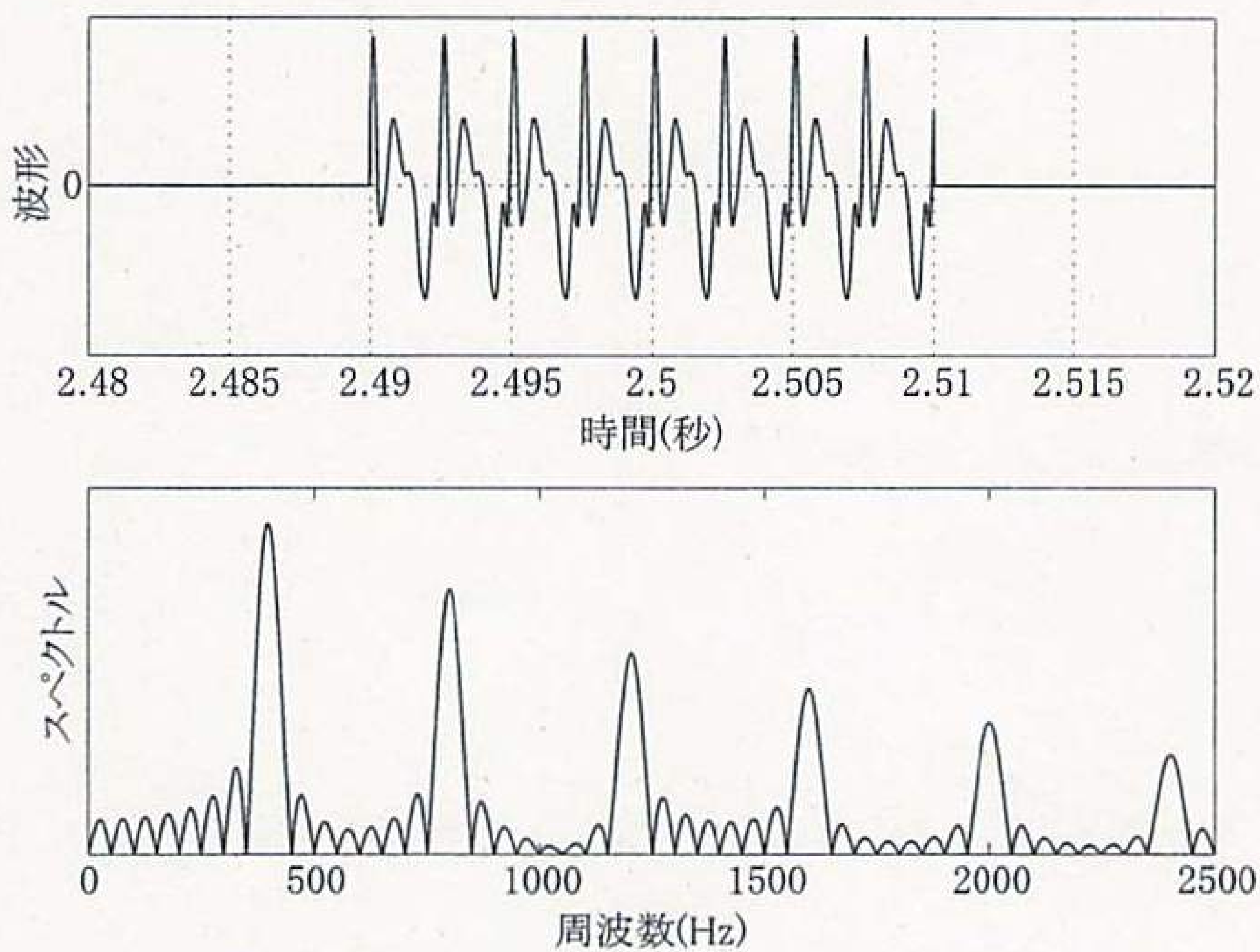
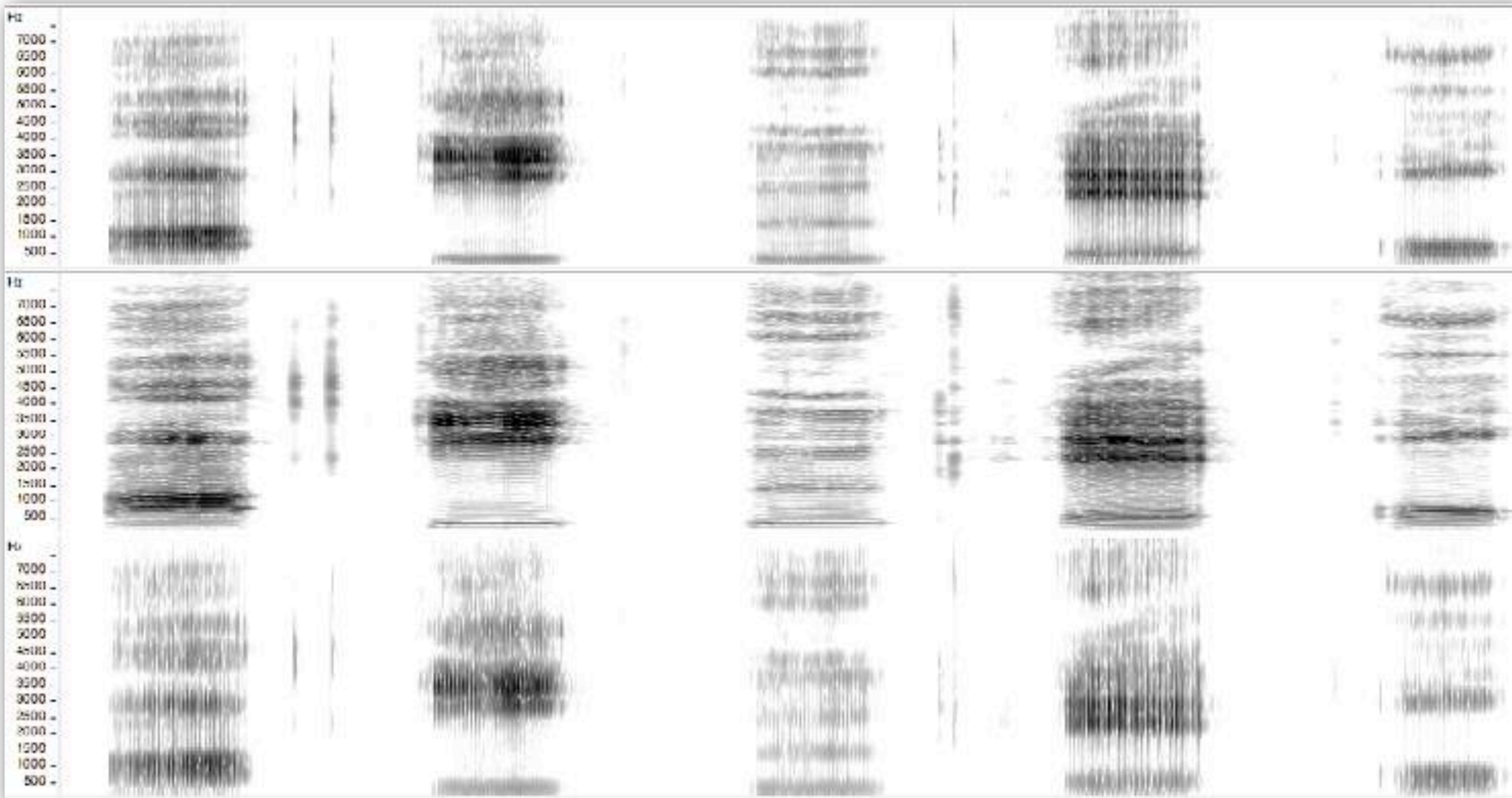


図3-14　短音のスペクトル（周期的複合音の場合）。

狭帯域分析と広帯域分析

下：中：上＝デ：狭：広

- 広：FFT win len = 128, Window = 128 (bw = 125.0 Hz)
- 狭：FFT win len = 512, Window = 512 (bw = 31.25 Hz)



ウェーブレットの一例

様々な要素波形

- これを適切に引き延ばし，足し合わせて f(t) を合成する。